S.06(49.3)B1 cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A.M.N.H.
1922

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06(49.3)

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXI — 20 JANVIER 1912

(TRENTE-SIXIÈME ANNÉE ; TOME LXXI DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1912

22.885 22 June 27

Imprimerie F. CEUTERICK, 60, rue Vital Decoster, Louvain.
(Ancienne rue des Orphelins, 32).

GUSTAVE VAN DER MENSBRUGGHE

SA VIE ET SES TRAVAUX

La science belge vient de perdre l'un de ses représentants les plus autorisés.

Gustave Van der Mensbrugghe est mort à Gand, le 20 octobre 1911, après une pénible maladie que les secours de la religion, l'affectueux dévouement des siens et la respectueuse sympathie de ses collègues et de ses amis l'ont aidé à supporter avec une admirable sérénité.

Le 24 octobre, jour des funérailles, l'Université de Gand, en une réunion plénière solennelle, lui a rendu les honneurs qu'elle décerne à ses professeurs, et l'Académie royale de Belgique s'est associée à cet hommage. Quatre discours furent prononcés par M. de Brabandere, recteur de l'Université, M. Stöber, doyen de la Faculté des Sciences, M. Neuberg, directeur de la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, et M. Merlin, répétiteur à l'École du Génie civil et des Arts et Manufactures, ancien élève du vénéré défunt. Ils rappelèrent en termes émus, les titres du dévoué collaborateur de J. Plateau, du Physicien éminent et du Professeur distingué, à la reconnaissance de l'Université, de l'Académie et du monde savant.

A son tour, la Société scientifique de Bruxelles veut honorer la mémoire de son excellent et savant ami.

G. Van der Mensbrugghe était des nôtres depuis longtemps et faisait partie, depuis 1897, du Conseil général de notre Société. Membre assidu de nos Congrès, il a présidé, à plusieurs reprises, les travaux de la Section des sciences physiques et enrichi nos Annales de nombreuses et précieuses communications. On a pensé que c'était dans cette Revue qui lui était chère et à laquelle il collaborait encore au cours de sa dernière maladie, qu'il convenait d'esquisser sa vie, de rappeler ses travaux et de fixer le souvenir des sentiments qu'inspirait à tous son affectueuse cordialité.

I

Esquisse biographique
Le collaborateur de J. Plateau

Gustave-Léonard Van der Mensbrugghe est né à Gand, le 13 février 1835, l'année même où Joseph Plateau recevait la mission d'enseigner la physique à l'Université de cette ville. Rien ne permettait de prévoir l'intimité féconde qui unirait un jour cet enfant, né au sein d'une famille étrangère au monde universitaire, et le jeune professeur déjà célèbre par ses recherches sur les apparences visuelles, recherches aussi fatales hélas ! à leur auteur qu'utiles à la science.

Après de solides études moyennes à l'Athénée de Gand, couronnées par le premier prix de mathématiques au concours général de 1852 (classe de seconde), Van der Mensbrugghe entra à l'Université pour y parcourir avec éclat le cycle des études du doctorat en sciences physiques et mathématiques. J. Plateau n'était plus là : frappé de cécité complète, en 1843, il avait dû

renoncer à l'enseignement, et poursuivait, avec une force d'âme invincible et un succès croissant, ses travaux sur la statique des liquides soustraits à l'action de la pesanteur (1).

Cette époque est pleine d'intérêt pour la science en Belgique, et glorieuse pour l'Université de Gand. Elle nous offre ce spectacle, unique peut-être dans les annales de la physique, d'un savant que la perte de la vue aurait dû, semble-t-il, fatalement arracher à la carrière scientifique, réalisant des merveilles dans le domaine des recherches expérimentales grâce à l'aide désintéressée de collègues et d'amis dévoués, mettant leurs talents, leurs yeux exercés et leurs mains habiles au service de cette glorieuse infirmité. Parmi ces hommes de cœur, il faut citer ici, au nombre des disparus, les noms de F. Duprez, Lamarle et Donny, si dignes de reconnaissance et de respect. G. Van der Mensbrugghe devait bientôt se joindre à eux dans le cabinet de travail de Plateau et, après s'être montré infiniment secourable, il allait devenir, à la grande joie du maître, le continuateur de son œuvre.

Notre ami était encore étudiant quand, en 1856, il fut mis en rapport avec J. Plateau et s'offrit à l'aider dans ses recherches sur les lames liquides minces ; un tel rôle convenait à la fois à sa généreuse nature et à son goût inné pour la physique.

On ne peut songer sans émotion à la première rencontre de ces deux hommes unis désormais pour la vie.

« Il y a, dans la jeunesse de tout homme de science et, sans doute, de tout homme de lettres, a écrit Pasteur, un jour inoubliable où il a connu à plein esprit et à plein cœur des émotions si généreuses, où il s'est senti vivre avec un tel mélange de fierté et

(1) Voir, sur l'œuvre de J. Plateau, les articles du P. Delsaulx : *Les travaux scientifiques de J. Plateau*, publiés dans la REVUE DES QUEST. SCIENT. t. XV, pp. 114 et 518 ; et t. XVI, p. 383.

de reconnaissance que le reste de son existence en est éclairé à jamais. Ce jour-là, c'est le jour où il s'approche du Maître à qui il doit ses premiers enthousiasmes, dont le nom n'a cessé de lui apparaître dans un rayonnement de gloire. Voir enfin ces allumeurs d'âmes,... les entendre, leur parler, leur vouer de près, à côté d'eux, le culte secret que nous leur avions si longtemps gardé dans le silence de notre jeunesse obscure, nous dire leur disciple et ne pas nous sentir trop indigne de l'être ! Oh ! quel est donc le moment, quelle que soit la fortune de notre carrière, qui vaille ce moment-là et qui nous laisse des émotions aussi profondes (1) ? »

L'impérissable souvenir que notre regretté collègue en avait gardé s'affirmait en termes émus dans ses conversations intimes ; tous ses écrits nous en apportent l'écho et il circule à travers toutes les pages de la notice qu'il a consacrée à celui qui, en retour de ses services excellents, fut le conseil et l'appui de ses premiers pas dans la carrière scientifique, l'inspirateur de ses travaux et le modèle de toute sa vie.

Au déclin de ses jours, sur une liste qui énumère les fonctions qu'il a exercées et les honneurs qu'il a reçus : répétiteur de physique à l'École du Génie civil (1859) ; professeur de physique mathématique et de mécanique céleste à la Faculté des sciences de Gand (1872) ; professeur de physique expérimentale à l'École normale des sciences (1880) ; chargé du cours de géographie physique aux sections normales d'histoire et de langues germaniques (1883) ; recteur de l'Université (1900-1903) ; correspondant (1875) et plus tard (1883) membre titulaire de l'Académie royale de Belgique ; directeur de la classe des sciences (1895) ; membre de la Société batave de Physique de Rotterdam

(1) Réponse de Pasteur au discours de réception de J. Bertrand à l'Académie française : J. Bertrand, *Éloges académiques*, t. I, pp. 25-26.

(1880), de la Société des Sciences de Cherbourg (1876), de la Société des Sciences de Liége (1876), de la Société hollandaise des Sciences (1884); membre honoraire de l'Institution royale de Londres (1889) et de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei (1902); lauréat du prix décennal des sciences physiques et chimiques (1910); commandeur de l'ordre de Léopold, etc., Van der Mensbrugghe a ajouté de sa main ce titre, le plus beau à ses yeux et le plus cher à son cœur : « *a été l'aide de Joseph Plateau pendant 27 ans, de 1856 à 1883* ».

Nous ne songeons pas à placer sur le même rang l'initiateur de génie et son digne collaborateur : notre collègue surtout se fût élevé contre cette pensée ; mais nous songeons encore moins à séparer ces deux amis si rapprochés dans les souvenirs de ceux qui les ont vus à l'œuvre, si étroitement unis par l'intelligence et par le cœur dans leur effort commun vers la conquête de la vérité et dans l'intimité des relations familiales : en 1871, Van der Mensbrugghe avait épousé Mlle Alice Plateau et fondé un foyer où devaient se perpétuer les traditions de l'illustre ancêtre.

C'est au cours de cette collaboration charitable que Van der Mensbrugghe a trouvé sa voie et s'est vu ouvrir l'entrée du monde nouveau dont Plateau avait pris possession ; c'est aux leçons de ce maître excellent qu'il s'est initié aux méthodes de travail et aux idées directrices qui lui ont permis de développer et de couronner leur œuvre commune.

Plateau eut tôt fait d'apprécier l'habileté expérimentale de son disciple : c'est à lui qu'il confiait le plus volontiers le soin de reproduire, devant les sociétés savantes désireuses de les admirer, ses expériences célèbres dont l'importance et la beauté furent si promptement et si universellement proclamées.

Mais c'est dans des circonstances plus modestes qu'il convient de voir notre collègue à l'œuvre.

En se prêtant à la réalisation des expériences de Plateau dans son cabinet de travail, loin des ressources d'un laboratoire abondamment outillé, Van der Mensbrugghe avait acquis à un degré peu commun le don de l'observation attentive et sagace à laquelle nul détail n'échappe de la manipulation la plus complexe et la faculté plus rare encore d'appliquer les instruments les plus vulgaires aux recherches les plus délicates. C'était un jeu pour ses mains habiles de faire réapparaître le même fait sous les formes les plus variées où l'originalité des idées s'alliait à une simplicité invraisemblable des moyens mis en œuvre.

Nous nous souvenons d'une après-midi passée à la campagne un jour de mauvais temps. Notre collègue, toujours de joyeuse humeur, offrit, pour nous distraire, d'improviser une causerie agrémentée d'expériences.

— Mais nous n'avons rien, objections-nous, qui puisse remplacer vos appareils.

Et notre ami de répondre : — Mes appareils ! Vos armoires en sont pleines !

Et le voilà qui se met en quête du nécessaire : de l'eau claire, de l'eau de savon et quelques autres liquides qui lui tombent sous la main ; des bouts de fil de fer et de soie, une feuille de papier, de vulgaires ustensiles de ménage ;... la conférence fut charmante et les expériences des plus intéressantes. Les petits ébahis s'en amusèrent beaucoup : jamais la science ne leur parut plus accessible ; les aînés, en s'instruisant aux idées générales, aux vues élevées et aux applications inattendues qui jaillissaient de ces humbles ressources, ne se lassèrent d'admirer l'habileté singulière de l'expérimentateur, et tous prirent part à la joie communicative dont la physionomie de notre ami s'illuminait quand la nature, docile à ses appels, trompait notre

attente et donnait raison à ses prévisions. Volontiers il eût, à l'exemple de Faraday dans son laboratoire, esquissé une ronde autour de ses modestes appareils.

Il me semble l'entendre encore nous rappeler, sur un ton quelque peu solennel qu'il affectionnait parfois mais que corrigeait son bon sourire, maints principes qui lui étaient familiers, écho sans doute des leçons de son maître :

« La curiosité est la première vertu du savant, c'est d'elle qu'il faut apprendre l'art infiniment précieux de s'étonner à propos » ; et il en appelait à l'exemple de Plateau. Une observation banale fut, en effet, l'occasion, en 1840, de ses plus belles recherches : son préparateur avait, par mégarde, versé un peu d'huile grasse dans un vase qui contenait de l'eau mêlée d'alcool. Le professeur vit avec étonnement les petites masses d'huile prendre la forme sphérique... Deux ans plus tard, l'habile et ingénieux physicien présentait à l'Académie son célèbre mémoire sur les phénomènes d'une masse liquide libre et soustraite à l'action de la pesanteur.

« Aucune observation attentive n'est inutile, ajoutait notre ami, un détail presqu'insensible, considéré avec soin, contrôlé avec précision, poursuivi dans ses conséquences peut être l'origine d'une découverte capitale. N'est-ce pas de la contemplation d'une bulle de savon que sont sorties les plus importantes conquêtes de Newton en optique ?... »

Mais c'est dans son laboratoire qu'il faut le voir exercer la patience — « la seconde vertu du physicien » — et recommencer dix fois la même recherche. « Toute expérience bien conduite doit réussir, disait-il ; de nombreux échecs peuvent en retarder le succès : il ne faut y voir que d'utiles indications sur la nécessité de

certaines précautions que l'on avait cru d'abord pouvoir négliger. »

Attentif à la suite des phénomènes, il soumettait aux mesures les plus délicates le moindre d'entre eux, comme il l'avait fait si souvent sur les instantes recommandations de Plateau. « Recommençons, disait-il, recommençons, aucun soin n'est trop grand, aucune méthode trop précise. » — Encore, pour réussir, fallait-il joindre, comme lui, aux qualités d'un manipulateur habile, le coup d'œil d'un observateur sagace et la critique minutieuse d'un esprit judicieux.

Et quand enfin les expériences avaient livré leur secret, avec quelle habileté il savait rattacher les faits les plus variés aux mêmes principes, et mettre ainsi en belle lumière la fécondité des idées directrices qui lui ont permis d'élargir le fleuve dont il avait vu jaillir la source.

Les mérites du professeur ne le cédaient pas à ceux de l'expérimentateur et, ici encore, le disciple s'inspirait du maître.

On admirait chez J. Plateau, pendant la durée, trop courte hélas ! de son enseignement à l'Université de Gand, l'ordre et la clarté des leçons, la précision du langage alliée à l'art d'imposer l'attention en donnant aux idées générales de larges ouvertures, et le don plus précieux encore de la bonté bienveillante et dévouée à la jeunesse studieuse.

Ce sont précisément les qualités que M. Merlin rappelait avec reconnaissance dans son discours du 24 octobre aux funérailles de son ancien maître :

« Avec quelle autorité persuasive, avec quelle élégance, quel rare talent, M. Gustave Van der Mensbrugghe venait exposer à ses élèves les principes de physique mathématique !... Ses leçons, véritables causeries, étaient pleines de charmes. L'affabilité du

Maître y appelait la sincérité des élèves. Nul point ne restait dans l'ombre. Nous étions heureux d'avancer en pleine lumière et, dans le regard ravi du professeur, on pouvait lire tout le bonheur qu'il ressentait à voir se développer en nous le goût de la science qu'il enseignait...

» Des voix plus compétentes nous ont dit toute la valeur de l'éminent physicien, l'importance et le nombre de ses travaux scientifiques. Aussi, étions-nous fiers de posséder un maître aussi brillant. Que de fois n'avons-nous pas été frappé d'admiration par la puissance de son talent d'observation, par son esprit critique, fin, délicat, qui savait déduire d'une hypothèse très simple l'explication claire, la cause vraie de phénomènes parfois très compliqués.

» Tous ces dons intellectuels étaient mis à profit dans ses leçons et contribuaient à l'élévation et à la fécondité de celles-ci. Dans l'enseignement de cette science qui exige à la fois un physicien averti et un profond analyste, il savait modérer le zèle du mathématicien emporté par la beauté des développements analytiques, pour interpréter physiquement les résultats successifs. Avec quel art il illustrait ensuite les conséquences d'expériences concluantes, souvent observables dans la vie de tous les jours. Car c'était là une de ses grandes préoccupations : rendre plus accessible la vérification des lois physiques, afin de répandre largement les connaissances apportées par une science qu'il affectionnait avec passion...

» Vous dirai-je tout le bonheur que réservait l'accueil plein de bonté, de courtoisie et de discrétion de celui dont nous pleurons la perte ? Pour tous, ces moments sont restés inoubliables. Jamais l'entretien ne dégénérait en vaines banalités. On y parlait science, soit que le maître décrivît quelque expérience nouvelle dont il cherchait l'explication, soit qu'il exprimât sa

joie d'avoir éclairci quelque paradoxe par une de ces raisons simples dont il avait le secret, soit qu'il s'intéressât aux recherches de son interlocuteur. Aussi, le rencontrer était une bonne fortune. Non seulement les connaissances s'étaient accrues de quelque côté, mais l'exemple du chercheur infatigable communiquait une ardeur nouvelle au travail.

» Toujours prêt à soutenir les premiers pas des jeunes, il encourageait leurs efforts et les aidait de sa science profonde. Ami de ses élèves, il les préparaît à la lutte pour l'existence en leur prodiguant ses sages conseils, avec le tact le plus délicat... ».

Ce n'est pas seulement sur le terrain de la recherche scientifique que s'accordent le maître et le disciple : J. Plateau et Van der Mensbrugghe ont vécu la même vie laborieuse et simple, partagée entre la fidélité aux devoirs et le culte de la science. Captifs de leurs chères études, ils n'aspiraient à d'autres jouissances que celles qu'apporte le travail et ne recherchaient d'autres délassements que les joies fortifiantes du foyer.

Dans un pareil milieu, la science est chez elle ; tous s'empressent autour d'elle et lui font fête. Oh ! l'heureux temps pour J. Plateau et son collaborateur que celui où toute observation dévoile une merveille, soulève des problèmes à résoudre, provoque de nouvelles expériences ! Tous y prêtent leur concours, et le succès fait la joie de tous. Plus tard encore, au soir de sa vie, quelle jouissance intime pour l'illustre physicien aveugle d'assister à son foyer même au développement de son œuvre, et quel bonheur pour notre collègue, devenu maître à son tour, de pouvoir lui offrir l'hommage d'un secret de plus arraché à la nature !

Et quand le maître eut disparu, rien ne fut changé à cette vie à la fois active et recueillie que protégeait

son souvenir et qu'animait le désir d'accroître et d'embellir l'édifice qu'il avait élevé.

Et quand sonna pour notre ami l'heure de la retraite, rien encore une fois ne fut changé : il se souvenait toujours et, dans un coin de laboratoire improvisé, il poursuivait avec la même ardeur la tâche entreprise.

Cette conformité de vie, d'idées et de sentiments s'est étendue à ce qu'il y a de plus profond et de plus intime dans l'âme humaine, les convictions religieuses.

« Plateau, a écrit Van der Mensbrugghe, était un chrétien convaincu ; il se désolait chaque fois qu'un savant se prévalait des progrès merveilleux de ce siècle pour avancer des doctrines matérialistes ou antireligieuses ; « la religion, disait-il, est un baume céleste » pour toutes les souffrances morales ou physiques, et » c'est un crime de lèse-humanité que de chercher à » en priver les malheureux ici-bas. » Quant à lui, plus il avait approfondi les secrets de la nature, plus il s'inclinait devant les mystères de l'ordre surnaturel (1). »

Ces paroles s'appliquent aux sentiments de celui qui les a écrites. Comme J. Plateau, notre collègue y joignait la pratique fidèle de ses devoirs religieux : « j'attribue la persévérance avec laquelle je suis demeuré catholique depuis mon enfance, écrit-il à un ami, à la pratique jamais interrompue de la prière... Dieu est notre père ; quoi de plus naturel, de plus doux que de le reconnaître partout et toujours comme tel ? »

Membre dévoué de la Commission administrative des prisons, il aimait à visiter les prisonniers, à les consoler, à les encourager au bien, et prenait à cœur le sort de ceux qui se montraient dociles à ses exhortations.

Avec un tact délicat, il savait exprimer sa désappro-

(1) *Notice sur J.-A.-F. Plateau*, p. 72 du tiré à part ; Bruxelles, Hayez, 1884.

bation quand il entendait proclamer inconciliables la science et la foi, la liberté du savant et l'humble soumission du chrétien. Ne vivait-il pas cet accord ? Ne l'avait-il pas constaté dans les exemples de son maître et de tant de savants aussi sincères dans leurs convictions religieuses que riches de connaissances scientifiques ? N'y trouvait-il pas ce que Plateau y avait trouvé : un stimulant dans la recherche de la vérité, un réconfort dans les plus cruelles épreuves de la vie, le bonheur ici-bas et d'immortelles espérances ?

La mort a respecté l'intimité de ces deux amis : ils reposent aujourd'hui côte à côte, dans la même tombe, à l'ombre de la même croix, et nous avons la consolation de penser que Dieu, le maître des sciences, *Deus scientiarum Dominus*, a réuni leurs âmes, si proches dans la recherche du vrai et la pratique du bien, dans la possession de l'éternelle béatitude.

II

LES TRAVAUX

Les publications de notre collègue sont très nombreuses. La plupart ont pour objet les propriétés des liquides étudiées à la lumière d'un même principe dont la fécondité est attestée par la multiplicité et la variété des résultats qu'il fournit. Mais avant d'aborder l'analyse des recherches expérimentales et des vues théoriques que comprend cette étude, disons un mot de quelques travaux étrangers à cet ensemble (1).

Au début de sa carrière, J. Plateau avait publié une

(1) Les nombres imprimés en chiffres **gras** dans le corps du texte, renvoient à la bibliographie qui termine cette notice.

note *Sur les apparences que présentent deux lignes qui tournent autour d'un point avec une vitesse angulaire uniforme* (1). Il fit construire un ingénieux appareil — qui devint plus tard le *phénakisticope*, l'ancêtre du cinématographe — permettant de voir « se dessiner en l'air » l'image fixe du lieu géométrique des intersections de ces deux lignes en mouvement. La première publication de Van der Mensbrugghe résout un problème analogue. Elle est intitulée *Sur la théorie mathématique des courbes d'intersection de deux lignes tournant dans le même plan autour de deux points fixes* (1). Les courbes dont il s'agit peuvent devenir visibles dans l'appareil de Plateau, et l'auteur en profite pour vérifier expérimentalement plusieurs des résultats que le calcul lui a fournis.

C'est au même ordre d'idées que se rattache l'exposé d'un mode de génération commun à un grand nombre de courbes définies ordinairement de façons très diverses (**4**).

L'Académie accueillit une troisième note mathématique, modeste mais non sans mérite (**2**) ; en voici le sujet : on sait que la projection, sur un axe quelconque, d'un contour polygonal fermé est nulle ; que devient la somme des puissances, entières et positives, d'ordre quelconque, des projections des côtés d'un polygone régulier sur un axe situé dans son plan ?

Les besoins de son cours ont amené le professeur de physique à traduire l'*Électrostatique* de Beer (**8**) et l'ouvrage où O. Tumlirz expose la théorie électromagnétique d'Helmoltz (**80**). La connaissance approfondie de l'allemand lui rendait ce genre de travail facile.

Signalons enfin deux autres mémoires d'ordre pédagogique : on y trouve une théorie élémentaire des

(1) CORRESP. MATH. ET PHYS. (Quetelet), 1828, IV, 393.

miroirs, des lentilles et des systèmes optiques (**74**, **76**); et abordons l'œuvre principale de notre collègue.

Pour la faire connaître dans son ensemble, il faudrait écrire un traité complet de capillarité, au sens le plus large du mot. Il n'est guère, en effet, de parties de cette branche de la physique qu'il n'ait sondées, perfectionnées et accrues. Nous ne pouvons donc songer à le suivre dans le détail de cette longue série de mémoires contenant chacun la description d'expériences souvent nombreuses. Nous nous bornerons à en montrer la cohérence et l'unité, et à signaler, par quelques exemples, la variété des faits qu'ils embrassent et des phénomènes naturels dont ils nous donnent le secret.

On pourrait partager ces mémoires en trois groupes.

Le premier comprendrait l'étude expérimentale de la tension superficielle dans les liquides en équilibre. Le disciple de Plateau entre dans les idées du maître; il met à leur service toute son habileté d'expérimentateur ingénieux et exercé, et collabore activement à la construction de l'édifice commencé. C'est par là que ses travaux se soudent très intimement à ceux de Plateau.

On réserverait, pour le second groupe, les applications des principes de la thermodynamique aux phénomènes où intervient la tension superficielle. Notre ami sort ici du domaine que Plateau a défriché pour se frayer un chemin à travers les régions limitrophes à peine explorées jusque-là. Par des recherches plus originales, plus personnelles, où le don des idées générales guide l'observateur attentif à une foule de phénomènes naturels restés sans interprétation, il élargit, il prolonge l'œuvre du maître.

Dans le troisième groupe enfin, on rangerait les observations critiques et les vues synthétiques de l'au-

teur. Soucieux du fond des choses, il pousse à bout leur approfondissement ; à son œuvre et à celle de son maître, il veut un couronnement, et sur un sujet qu'il a tant remué il donne toute sa pensée. C'est ainsi qu'après avoir soumis les principes sur lesquels reposent les théories capillaires classiques à une critique pénétrante, il est amené à les compléter.

En négligeant *de façon absolue* la compressibilité du liquide, en supposant sa constitution identique en tout point de la masse, leurs auteurs ont perdu de vue les *variations des réactions élastiques* qu'entraînent *des variations de densité* insensibles à tout autre point de vue, mais de grande conséquence au regard des actions intérieures du liquide. Si l'on en tient compte, on constate que la couche terminale du liquide, sous une épaisseur extrêmement faible, est douée d'une constitution très spéciale, très différente de celle de la masse sousjacente et qui se révèle par deux phénomènes aussi *réels* l'un que l'autre et tous deux bien caractéristiques : l'*évaporation*, résultant de l'instabilité dans le sens normal, et la *tension superficielle* provenant de l'écartement tangentiel des éléments dont cette couche est formée.

Ce classement n'est pas étranger à l'ordre chronologique des recherches de notre auteur ; on comprend d'ailleurs qu'il n'y soit pas systématiquement suivi, mais nous croyons ne pas nous tromper en affirmant qu'il répond à sa pensée. Si le temps lui eût permis de coordonner les résultats de ses recherches expérimentales et les conclusions théoriques auxquelles elles l'ont conduit, c'est à un plan voisin de celui-ci vraisemblablement qu'il se fût arrêté.

Quoi qu'il en soit, rien n'empêche que nous ne l'adoptions dans notre exposé.

La tension superficielle des liquides

Sans rien préjuger de l'existence réelle ou simplement apparente de la tension superficielle, rappelons d'abord ce dont tout le monde convient.

La surface terminale d'un liquide jouit de certaines propriétés qui *rappellent* celles d'une membrane élastique : comme celle-ci elle tend à diminuer, à se contracter, et c'est ce qui justifie l'analogie (1).

Encore toute comparaison — et l'analogie en est une — est-elle boiteuse, et il importe d'y prendre garde. Disons donc plutôt, ce qui au fond est bien la même chose mais prévient certaines difficultés, que la surface terminale d'un liquide possède de l'énergie en puissance, du travail disponible comme en posséderait une membrane élastique (bien différente de toutes celles que nous connaissons) qui serait tendue *sans qu'on ait pris la peine de l'étirer*, de densité constante *quelle que soit son extension*, de tension uniforme et normale, dans le sens indiqué dans la note (1), *quelle que soit sa courbure*. De plus, si le liquide considéré s'étale en *lame mince*, si c'est une bulle de savon, par exemple, il faut appliquer *à chacune des deux surfaces terminales* ce que nous venons de dire de l'une d'elles.

Il convient donc, pour prévenir tout malentendu, de ne pas chercher à se *représenter* la membrane élastique équivalente : elle n'existe pas ; il suffit de se

(1) La tension d'une surface est *une force par unité de longueur*. En général, la tension d'une surface, d'une voile gonflée, par exemple, de l'enveloppe d'un ballon, n'est ni *uniforme* — constante en tous les points de la surface — ni *normale* aux lèvres d'une petite incision supposée tracée sur la surface au point considéré.— La tension superficielle d'un liquide s'exprime habituellement en milligrammes par millimètre ; sa valeur varie d'un liquide à un autre ; pour un liquide donné, dans les mêmes circonstances extérieures, elle est *constante*, *uniforme* et, pour tous les liquides, *normale* aux bords de la coupure imaginée pour la définir.

rappeler quelles propriétés on invoque quand on parle de la *tension superficielle des liquides*.

Cette notion entrevue par Segner, en 1755, utilisée, en 1805, par Thomas Young pour expliquer un grand nombre de phénomènes capillaires, est à la fois l'une des bases et la conséquence la plus manifeste des expériences de Plateau. Van der Mensbrugghe s'est attaché à la mettre en lumière et ses travaux, comme ceux de son maître, ont beaucoup contribué à préciser cette notion et à en montrer l'inépuisable fécondité.

Parmi les physiciens expérimentateurs qui, à la même époque, travaillaient ce problème, il faut citer Athanase Duprez qui semble avoir eu, après Plateau, le plus d'influence sur la pensée de Van der Mensbrugghe (1). Notre ami lui rend d'ailleurs pleine justice : non seulement il le cite volontiers, mais il se plaît à décrire ses expériences et à rappeler ses raisonnements.

La lecture d'une page du savant français (2) fut l'occasion d'une de ses premières publications relatives aux propriétés des liquides (**6**).

On y trouve trois procédés nouveaux pour constater la tension superficielle des lames minces ; deux de ces procédés permettent en outre de mesurer cette tension.

Voici le premier. Dans un contour plan et horizontal en fil de fer, on réalise une lame de liquide glycérique ; on noue ensemble les deux bouts d'un fil de soie très fin de longueur convenable et, après l'avoir mouillé du même liquide, on le dépose sur la lame où il dessine un contour irrégulier. Cela fait, on crève la portion de la lame comprise à l'intérieur du contour (3) : aussitôt le

(1) Voir notamment les mémoires d'Athanase Duprez *sur la Théorie mécanique de la chaleur*, dans les ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE (4), t. VI, VII, IX, XI et XIV.

(2) IBID. (4) t. VII, pp. 246-248.

(3) On y réussit facilement en touchant la partie que l'on veut faire disparaître avec une pointe d'aiguille légèrement échauffée.

fil de soie *se tend et prend une figure exactement circulaire*. C'est que la portion restante de la lame se contracte en vertu de sa tension, de manière à occuper la moindre étendue compatible avec ses liaisons, ce qui exige que l'ouverture limitée par le fil devienne aussi grande que possible et, par suite, circulaire.

Notre auteur se demande quelles lois régiraient la disposition du fil de soie dans le cas plus général où l'on réaliserait la même expérience sur une lame liquide *à courbure moyenne nulle*. Le calcul le conduit à ces trois conclusions : le fil serait également tendu dans toute sa longueur ; la courbe dessinée aurait partout le même rayon de courbure, et le rapport entre la tension du fil et le rayon de courbure serait indépendant de la forme de la surface et de la longueur du fil, et *égal à la tension de la lame*.

La seconde expérience est une modification de la première : elle fournit un procédé de mesure un peu long à décrire et dont le maniement exige des précautions assez délicates. Arrêtons-nous à la description de la troisième expérience.

La lame mince est ici une portion de caténoïde attachée, par son bord supérieur, à un anneau solide, horizontal et fixe, et, par son bord inférieur, à un anneau solide plus petit, également horizontal, qu'elle tient suspendu. Ce dernier anneau porte lui-même, comme le filet d'un ballon porte la nacelle, un plateau très léger sur lequel on verse doucement du sable fin. Le système solide suspendu descend peu à peu en étendant la lame, et l'on s'arrête lorsque l'élément de la chaînette méridienne qui aboutit à l'anneau mobile est devenu vertical : on en juge aisément, car l'équilibre devient alors instable. En vertu des lois rappelées tantôt, la tension de la lame se déduit de la mesure de la circonférence de l'anneau mobile et du poids total du système suspendu.

Dans son rapport à l'Académie sur ce travail de Van der Mensbrugghe, Lamarle signala certaines particularités, indiquées par la théorie, de la forme que doit prendre le fil de soie dans la première expérience réalisée sur les surfaces à courbure moyenne nulle. Cette observation amena notre collègue à poursuivre ses expériences (**7**) : par un procédé ingénieux, il constata l'exactitude de l'indication de Lamarle, et mit ainsi dans un plus beau jour l'accord parfait de l'expérience avec les prévisions de la théorie.

Citons, en passant, la jolie expérience qui termine cette seconde note. On réalise une lame de liquide glycérique dans un anneau *vertical* en fil de fer ; on dépose à l'intérieur de cet anneau, en son point le plus bas, une sphère creuse en verre très légère, de deux centimètres environ de diamètre, préalablement mouillée du même liquide : elle se place aussitôt d'elle-même de manière à être coupée en deux parties égales par le plan de la lame liquide et demeure ainsi dans un état d'équilibre stable. Vient-on à faire tourner l'anneau autour de l'axe *horizontal* passant par son centre, la petite sphère roule à l'intérieur du contour solide sans le quitter.

C'est par centaines que notre ami a réalisé des expériences de ce genre, toutes très parlantes et, le plus souvent, d'une très grande simplicité d'exécution. Rappelons, à titre d'exemple, l'une de celles qui lui servent à montrer la tension superficielle, non plus d'une *lame* liquide, mais de la *surface libre* d'une masse liquide.

Dans un petit vase à base rectangulaire en papier mince, ayant 18 centimètres de longueur, 6 de largeur et 1 de profondeur, il verse de l'eau bien propre en quantité suffisante pour former une couche de 3 ou 4 millimètres de hauteur. Dès que les parois sont bien humectées, on les voit s'incliner vers l'*intérieur*,

malgré la pression du liquide qui les sollicite à s'effondrer vers l'extérieur. Si l'on donne au vase une largeur assez petite, il se ferme spontanément dès que le liquide y a été introduit (**44**).

Notre collègue a imaginé également bien d'autres procédés de mesure de la tension superficielle, très différents de celui que nous avons rappelé et que reproduisent les traités de Physique. Il s'en est servi avec une habileté merveilleuse pour déterminer la valeur de cette constante pour un très grand nombre de liquides — pour tous ceux entre autres dont Plateau a fait usage — et étudier les variations qu'elle éprouve, pour un même liquide, dans diverses conditions. Une charge d'électricité statique ne la modifie pas (**23**), mais une variation de température, par exemple, la présence, même en très faible quantité, d'un corps dissous, etc., ont une influence considérable.

La différence de tension des liquides donne lieu à d'innombrables phénomènes qui semblent au premier regard sans analogie entre eux (**14**, **16**, **70**). Tel liquide s'étale sur l'eau, tel autre se resserre sur lui-même dans les mêmes conditions et prend une forme lenticulaire, etc. Pourquoi ? Quelles sont les lois qui président à ces transformations ? — Une bulle de savon déposée sur l'eau s'affaisse en une calotte sphérique qui s'étend, atteint une situation d'équilibre stable, s'amincit, brille de vives couleurs rapidement changeantes, et crève après une durée très courte. Quelles sont ici les actions en jeu ? — Comment expliquer une foule d'autres mouvements qui s'observent à la surface des liquides et sont parfois si étranges : tels, par exemple, les tourbillons du camphre sur l'eau (**9**, **19**) ?

Pour rendre compte de ces phénomènes on a fait appel aux hypothèses les plus bizarres. On les a attribués à la réaction de l'eau contre la vapeur émanée

des parcelles solides flottantes, ou contre une huile éthérée qui s'en dégage et se répand sur le liquide ; on a vu, dans l'extension d'un liquide en lame mince sur un autre, tantôt une conséquence des lois de l'hydrostatique, tantôt le résultat d'une répulsion mutuelle des molécules du liquide qui se répand, ou encore l'issue d'une lutte engagée entre la cohésion du liquide supérieur et son adhésion au liquide inférieur, etc.

En 1842, Dutrochet (1) tenta d'expliquer l'ensemble de ces phénomènes par l'intervention d'une force nouvelle, s'exerçant à la surface des liquides. Il en ignore la nature et l'origine, mais il lui donne un nom : il l'appelle la *force épipolique*.

Van der Mensbrugghe montre que cette force mystérieuse n'est autre chose que la tension superficielle, et il fait voir par des expériences quantitatives nombreuses et variées que tous ces mouvements sont dus à des différences ou à des variations incessantes de tension.

Déjà en 1851, W. Thomson avait indiqué comme cause de la répulsion apparente qu'éprouve la surface de l'eau sur laquelle on dépose une goutte d'alcool, l'excès de tension de l'eau sur celle de l'alcool ; mais il s'était borné à ce seul fait. Plus tard, en 1867, Athanase Duprez avait montré que l'échauffement d'une petite portion d'une surface liquide en diminue la tension et provoque des mouvements centrifuges des parties échauffées, tirées victorieusement par les parties environnantes ; mais il n'avait pas poussé plus loin ses recherches. Notre collègue étend les mêmes principes à toute la série des phénomènes et rattache ainsi à une même cause un groupe nombreux de faits en apparence très étrangers l'un à l'autre.

(1) Comptes rendus, 1842, XIV, 1028-1042, XV, 15-28.

Il trace d'abord un historique des observations antérieures et des vues théoriques qu'elles ont provoquées ; il discute ensuite ces interprétations et montre leur insuffisance ; il expose enfin ses propres idées et décrit des expériences nouvelles qui les justifient. Citons un seul exemple, celui de la danse du camphre sur l'eau.

Ces mouvements, en apparence spontanés, proviennent de ce que le liquide se charge irrégulièrement de camphre autour de la particule flottante et diminue ainsi sa tension superficielle dans des proportions successivement variables, avec la dissolution, dans les différents azimuts; les portions de la surface de l'eau plus éloignées, restées pures, tirent alors dans tous les sens, en vertu de leur excès de tension, la portion de la surface affaiblie par la dissolution du camphre et, avec elle, la parcelle solide qu'elle supporte, en agissant avec plus d'intensité tantôt dans une direction, tantôt dans une autre.

Pour prouver que la tension de l'eau diminue bien au contact du camphre, l'auteur agite de l'eau avec des fragments de cette substance, mesure la tension de cette *eau camphrée* et constate qu'elle s'est abaissée de 7,3 (tension de l'eau pure) à 4,5.

Il écarte l'hypothèse d'une réaction de la part du liquide par cette remarque que le camphre ne se meut pas sur l'huile; il s'y dissout cependant, mais ici la différence des tensions de l'huile pure et de l'huile camphrée est trop faible pour donner lieu aux mouvements que nous avons décrits. D'autre part, on savait que pour arrêter les évolutions de la parcelle de camphre, il suffit de plonger dans l'eau qui la supporte le bout du doigt. C'est qu'une matière grasse émanée de la peau s'étend alors rapidement sur la surface du liquide et en amoindrit assez la tension pour rendre l'excès de cette tension sur celle des parties camphrées insuffisant à jouer son rôle. Ce n'est point là une hypo-

thèse gratuite. Notre collègue mesure la tension de l'eau après l'immersion du doigt : elle est réduite à 4,7 ; procédant ensuite à la contre-épreuve, il constate que l'immersion du doigt préalablement lavé à l'alcool et débarrassé ainsi de toute matière grasse, perd sa vertu et est sans influence sur la danse du camphre.

On savait encore que de petits fragments de beaucoup d'autres substances telles que le savon dur, les acides benzoïque, succinique et citrique, le butyrate de chaux, etc. peuvent offrir le même spectacle bizarre que le camphre. Or l'eau qui a dissous quelqu'une de ces substances voit sa tension diminuée dans des proportions considérables : l'explication reste donc la même et se trouve par là pleinement confirmée.

Elle l'est aussi par de multiples expériences que décrit l'auteur et où se manifestent les tractions exercées par une portion d'une surface liquide dont la tension n'est pas affaiblie sur celles qui, pour une cause quelconque, ont leur tension amoindrie. Citons quelques-unes de ces expériences.

Sur la surface de l'eau, on dépose doucement, comme dans le premier procédé que nous avons décrit, un anneau de fil de soie préalablement dégraissée et mouillée ; à l'intérieur du contour irrégulier que dessine ce fil on dépose soit une gouttelette d'un liquide à tension plus faible que l'eau pure — eau de savon, essence de térébenthine, huile d'olive, etc. — soit simplement une goutte d'eau chaude, soit encore un fragment de camphre : aussitôt on voit le fil se tendre et dessiner une circonférence comme dans l'expérience sur les lames minces que nous venons de rappeler.

Que de faits intéressants il faudrait signaler ici si nous voulions épuiser la série des manifestations de la tension superficielle accumulées par notre collègue ; que d'appareils ingénieux nous devrions décrire ! Voici, par exemple, un petit flotteur composé d'une

boule de verre, ou d'un bouchon, surmonté d'une tige de métal qui supporte un petit carré de toile métallique. Le tout est lesté de telle sorte que la toile se trouve entièrement hors de l'eau. Immergeons complètement l'appareil et abandonnons-le à lui-même. Au lieu de bondir comme il le ferait si la toile métallique n'existait pas, il s'arrête dès que celle-ci atteint la surface et reste là prisonnier de la tension superficielle. Une goutte d'huile déposée sur la surface du liquide suffit à le délivrer si le lest employé est convenablement mesuré.

Mais il faut nous borner. De maintes recherches variées qui font voir combien la notion de tension superficielle est commode dans les raisonnements et quel avantage on peut en tirer pour la solution simple et rapide de problèmes délicats, nous ne retiendrons que la réalisation matérielle des surfaces à courbure moyenne constante que les travaux de Plateau rendaient facile à son collaborateur devenu maître de ses méthodes.

On sait que, dans les circonstances ordinaires, la surface libre d'un liquide pesant au repos, quand elle a une étendue assez grande, est plane et horizontale, excepté vers les bords du vase qui le contient. C'est là un effet de la pesanteur qui exige que cette surface libre soit, en chacun de ses points, normale à la verticale. Dès lors, si l'action de la pesanteur vient à diminuer ou à s'annuler au regard des forces intérieures qu'elle dominait tout à l'heure, les rôles sont intervertis : celles-ci prennent le dessus et le liquide abandonne la forme plane et horizontale pour en prendre d'autres très différentes. C'est ce qui arrive, par exemple, au sommet de la colonne capillaire, à la très petite quantité de liquide soulevée dans un tube très étroit; c'est ce que montrent surtout les expériences de Plateau sur les liquides soustraits à l'action

de la pesanteur et sur les lames liquides minces dont l'extrême ténuité rend leur poids relativement négligeable.

Mais du fait que la pesanteur n'a plus prise sur ces liquides, il ne s'ensuit pas que le soin de façonner leurs surfaces soit livré aux caprices du hasard ; ils sont dominés par une loi que l'on peut exprimer ainsi : la somme algébrique des deux courbures principales, en chacun des points de ces surfaces, doit avoir la même valeur. Le plan, la sphère, le cylindre,... jouissent de cette propriété, mais beaucoup d'autres figures la possèdent également ; on leur a donné un nom commun rappelant leur caractère essentiel, on les nomme *surfaces à courbure moyenne constante*. Les membres de la famille pour lesquelles cette valeur constante est nulle, prennent plus spécialement le nom de *surfaces à aire minimum*.

Les géomètres ont étudié ces surfaces à courbure moyenne constante ; ils ont écrit l'équation différentielle du second ordre qui les représente toutes et qui, par suite, renferme implicitement toutes les figures d'équilibre que peut prendre un liquide soustrait à l'action de la pesanteur ; mais ils n'ont pu intégrer cette équation différentielle que dans certains cas particuliers, en sorte que, parmi les surfaces en nombre indéfini qui satisfont à l'équation générale, nous n'en connaissons qu'un nombre restreint en coordonnées finies. La discussion de leurs équations permet de déterminer la disposition et les dimensions relatives des contours solides qui, plongés dans un liquide convenable, provoqueront, à la sortie, la formation de ces surfaces — en totalité ou en partie — et serviront de soutien à ces fragiles constructions. Plateau, le créateur de cette méthode, en a montré par maints exemples l'admirable souplesse, et son collaborateur a prolongé la liste de ses succès.

Dans deux mémoires publiés en 1831 et 1835 (1), Scherk avait fait connaître les équations en coordonnées finies de cinq surfaces à courbure moyenne constante. Leur réalisation matérielle en lames liquides minces attendait un mathématicien doublé d'un manipulateur adroit qui discuterait ces équations et créerait le contour solide capable de les supporter. Or lorsque J. Plateau étudiait un mémoire, il aimait à en faire répéter les expériences ou à tenter la réalisation de celles que lui suggérait cette étude. Il confiait volontiers ce soin aux mains habiles de notre collègue qui, mieux que personne alors, s'était rendu maître de la tension des liquides et savait en diriger l'action. J. Plateau lui-même se chargea de la discussion de la troisième des surfaces de Scherk ; Van der Mensbrugghe fit tout le travail pour la cinquième. En mainte autre circonstance d'ailleurs, ils se partagèrent ainsi la besogne.

Quittons maintenant le domaine exploré par notre ami de concert avec son illustre maître, et suivons-le dans la voie nouvelle où il est entré dès 1876 (**27**, **28**, **31**, **36**, **39**, **41**, etc.).

Applications des principes de la Thermodynamique aux phénomènes où intervient la tension superficielle

Nous avons dit que la surface libre d'un liquide contient du travail disponible, de l'énergie en puissance toujours prête à se transformer. Ce sont ces transformations que notre auteur s'est appliqué à étudier de très près : il les provoque dans ses expériences et les retrouve dans l'analyse d'un grand nombre de phénomènes naturels.

(1) Acta Societ. Jablonovianae, Leipsig. IV, 204.— Journal de Crelle, XIII, 185.

Il établit successivement des propositions importantes telles que celles-ci :

Tout accroissement de la surface libre d'une masse liquide soustraite aux actions calorifiques extérieures se paye en chaleur aux dépens de la masse elle-même : la température du liquide s'abaisse ; elle s'élève au contraire quand la surface diminue.

Dans les deux cas, il se développe des courants thermo-électriques d'autant plus intenses que la masse du liquide est plus petite ou que la variation de sa surface est relativement considérable.

Lorsque la surface d'un liquide se renouvelle par la disparition de la couche superficielle primitive — ce qui a lieu, par exemple, par l'évaporation — il y a refroidissement à la surface et, par suite, augmentation de la tension. Quand, au contraire, une mince couche de liquide se superpose sur la surface primitive, il y a échauffement et, par conséquent, diminution de tension.

Si la surface libre d'un liquide en mouvement diminue, une partie de l'énergie potentielle de la *surface perdue* se transforme en énergie de mouvement au profit de la masse liquide : sa vitesse s'accélère. Si, au contraire, la surface libre augmente, l'énergie potentielle de la couche fraîche se développe aux dépens de la force vive du liquide en mouvement : sa vitesse se ralentit.

Lorsque la force contractile est remplacée dans un liquide par une *force d'extension* — ce qui a lieu très souvent au contact d'un liquide et d'un solide — l'énergie potentielle du liquide est *diminuée* par l'accroissement de la surface, et une augmentation corrélative de la chaleur interne du liquide se manifeste, etc.

Notre collègue multiplie les expériences, accumule les faits d'observation où ces principes trouvent leur application.

Ils lui fournissent l'explication des mouvements que l'on observe à la surface des bulles de savon; celle des figures de cohésion et des déplacements alternatifs qui se produisent dans certaines lames liquides étalées sur un autre liquide.

Ils lui livrent le secret des cheminements des bulles d'air dans les niveaux sous l'action inégalement répartie de la chaleur (**30**), et la raison des dégagements de chaleur, souvent considérables, constatés par Pouillet et Melsens dans l'imbibition des matières pulvérulentes au contact des liquides, et de la quantité étonnante de chaleur qu'il faut développer pour chasser un liquide volatil de la surface d'une matière poreuse, telle que le charbon de bois.

Ils le conduisent à une interprétation de ce fait remarquable, signalé par Saussure, de brouillards liquides flottant dans des couches d'air dont la température est très inférieure à 0°, et lui montrent comment l'eau divisée en fines gouttelettes ou logée dans des espaces capillaires peut résister à la congélation.

Ils lui viennent en aide pour interpréter les phénomènes exceptionnels, signalés par Spring, dans certains alliages aux environs de leur maximum de densité, les expériences classiques de Donny sur l'ébullition, etc.

La condensation des vapeurs dans des espaces capillaires étudiée par W. Thomson (1) retient longtemps notre collègue qui confirme, par une foule d'observations, les conclusions théoriques du savant de Glasgow (**68**). Il étudie l'action des poussières sur la formation des nuages et sur le développement des figures que le givre dessine sur les vitres de nos appartements. La conservation des étoffes imprégnées d'une substance capable de boucher les interstices que laissent entre

(1) Proc. R. Soc. Edinb. 1870, Feb. 7th.

elles les mailles du tissu, l'amène à donner aux peintres ce sage conseil : Vernissez le dos de vos tableaux si vous voulez les mettre à l'abri des méfaits de l'humidité.

La perte de charge des jets d'eau reçoit de ses principes une explication de tout point justifiée par l'expérience (**32, 101, 103, 127**), et il en est de même des particularités que présentent les veines et les lames liquides notamment dans les recherches de Savart, de Magnus et de Plateau.

On sait que trente ans avant les travaux de ce dernier sur les lames liquides minces, Savart avait constaté que la partie continue des veines aqueuses lancées verticalement de haut en bas, par un orifice circulaire, contre la région centrale d'un disque solide de petit diamètre, s'étale et se répand dans tous les sens en formant une nappe circulaire. La partie centrale de cette nappe est mince, unie et transparente ; la zone annulaire qui l'entoure est plus épaisse, recouverte de stries rayonnantes et circulaires qui s'entrecroisent et, de ses bords, s'échappe une multitude de fines gouttelettes. La vitesse de l'écoulement vient-elle à diminuer, la lame se recourbe peu à peu sur elle-même en se portant vers la tige qui soutient le disque solide, jusqu'à se fermer entièrement et prendre la forme d'un solide de révolution. Le choc des parties continues de deux veines liquides lancées dans des directions opposées donne naissance à des phénomènes analogues.

C'est au même genre de phénomènes qu'appartient cette singulière génération de bulles d'eau de savon observée par Félix Plateau, le fils du physicien (1). L'expérience consiste à lancer obliquement en l'air le liquide contenu dans une capsule de manière à l'étaler en nappe ; celle-ci se déchire, en général, en plusieurs portions dont chacune se referme sur elle-même, à la

(1) Bul. de l'Ac. R. de Belgique, (2), XIII, 286.

façon des lames de Savart, pour constituer une bulle creuse, complète, dont le diamètre peut atteindre 8 ou 9 centimètres, et qui descend lentement vers le sol. Van der Mensbrugghe généralisa cette curieuse expérience (**3**) en opérant de la même manière mais d'un lieu plus élevé : en lançant de l'eau pure d'une fenêtre d'un étage supérieur il vit se former des bulles complètes et obtint le même résultat avec l'alcool, l'essence de térébenthine, l'huile de pétrole, l'huile d'olive et différentes solutions salines. Il conclut que la plupart des liquides, tous peut-être, peuvent s'arrondir, par ce procédé, en bulles creuses. Il explique leur formation et celle des lames de Savart et, passant aux détails, il rattache à ses principes l'interprétation de la structure compliquée de celles-ci et des phénomènes variés dont elles sont le siège.

Soucieux d'applications pratiques, il porte son attention sur les transformations successives qui constituent le cycle de la circulation de l'eau dans la nature : elle s'évapore à la surface des mers, s'élève dans l'atmosphère sous forme de vapeur, y produit les brouillards et les nuages, se condense et retombe sur la terre sous forme de pluie ou de neige, donnant ainsi naissance aux glaciers, aux torrents, aux cascades, aux rivières et aux fleuves qui circulent à travers les terres et rentrent au sein de l'Océan. Toutes les particularités principales qu'offre un cours d'eau, de sa source à son embouchure, les crises qu'il traverse en temps de crue, les effets désastreux des inondations, etc., sont étudiées de façon spéciale et reçoivent, des principes de notre auteur, d'intéressantes et utiles interprétations (**32**, **38**, **44**, **71**). Bornons-nous à ce seul exemple.

A l'embouchure de certains fleuves, les grandes marées donnent naissance à un phénomène connu sous le nom de *barre de flot* ou de *mascaret*. La Seine, en

aval et en amont de Quillebœuf, offre ce spectacle grandiose. D'immenses nappes d'eau, soulevées par la marée, s'engouffrent entre les rives du fleuve ; du même coup, l'accumulation des couches supérieures sur celles qui les précèdent et qui sont animées de vitesse moindre, entraîne une perte énorme de surface libre. Elle réclame une compensation qui se manifeste par un gain prodigieux d'énergie de mouvement dans la direction de la mer vers la terre. Si les rives du fleuve viennent à se resserrer davantage, si elles se resserrent surtout plus brusquement, les conditions favorables à cette transformation d'énergie s'en trouveront d'autant mieux réalisées, et le flot montant se transformera en véritables cataractes. Un vent modéré soufflant vers la terre, facilitera la formation de la barre, en permettant aux couches libres de se déverser les unes sur les autres ; au contraire, un vent très violent tendra à rendre le mascaret moins dangereux en détachant de la crête des flots de longues nappes liquides, qui ne peuvent se former qu'aux dépens de la force vive de la masse en mouvement et s'éparpillent bientôt en pluie.

Les phénomènes dont la surface de la mer est le théâtre n'échappent pas à l'attention de notre auteur. Il montre que des vagues doivent se former dans le voisinage des côtes, à marée montante, et acquérir d'autant plus de développement et de vitesse qu'elles se rapprochent davantage de la terre ferme. Le ralentissement des masses inférieures, par leur frottement contre le fond, et le déversement des masses supérieures sur les surfaces libres qui les précèdent donnent lieu, en effet, à des transformations d'énergie analogues à celles que nous venons de rappeler.

A côté du mal, voici le remède (**42**, **56**, **57**). Toujours en recourant aux mêmes principes notre collègue

nous donne la première explication satisfaisante d'un fait que les anciens connaissaient déjà, mais resté mystérieux : l'action calmante que l'huile exerce sur les vagues. Aristote, Pline, Plutarque en font mention et la tradition en a été conservée par les marins. Ceux qui ont cru à leur témoignage ont fait appel aux hypothèses explicatives les plus bizarres, et longtemps les physiciens, impuissants à trouver mieux mais plus circonspects, n'ont voulu y voir qu'une fable à reléguer parmi les nombreuses superstitions attribuées aux pêcheurs. Le fait, cependant, est incontestable et nous connaissons aujourd'hui le mot de l'énigme.

Toute cause capable d'empêcher le *glissement* des couches superficielles des eaux de la mer les unes sur les autres, constitue un obstacle à l'accroissement de la force vive des masses liquides; telle est, par exemple, l'intervention de corps flottants, telle est aussi l'action de l'huile recouvrant, sur une étendue suffisante, la surface de la mer.

Sa tension superficielle et, par suite, son énergie potentielle de surface, est plus faible que celle de l'eau; d'autre part, sa légèreté spécifique l'oblige à remonter toujours à la surface en rendant ainsi impossible le glissement d'une couche d'eau sur la voisine. Or, dès que ce glissement est entravé, la formation des crêtes en brisants qui en est la conséquence devient impossible.

Mais là ne se borne pas l'action de l'huile : elle peut aussi transformer les vagues à crêtes en ondulations régulières formant la houle. En effet, si une vague élevée se rapproche d'une portion de la mer couverte d'huile, celle-ci s'étale subitement sur la surface concave de la lame dont elle atteint rapidement le sommet; dès ce moment, le glissement des couches superficielles autour de la volute qui couronne la vague

est arrêté : le liquide s'accumule au haut de la crête qui bientôt retombe avec fracas sur la mer. Les faits ont pleinement justifié cette explication (1).

Il resterait à signaler bien d'autres phénomènes où les mêmes principes trouvent leur application : la mine est ouverte et tous peuvent l'exploiter. Ce que nous avons dit suffit à montrer la fécondité de ces principes et l'usage excellent qu'en a fait notre collègue.

Critique des théories capillaires. Vues nouvelles

Quand Newton eut achevé d'expliquer les phénomènes astronomiques en les rattachant à la loi si simple et si féconde de l'attraction universelle, il en vint à se demander si cette même loi, convenablement modifiée et transportée du monde des astres dans celui des atomes, ne rendrait pas aux physiciens et aux chimistes les services excellents qu'en avaient reçus les astronomes. Les conjectures qu'il énonça à ce sujet se lisent dans la XXXIe Question de son *Optique* (2), et leur influence sur la marche des théories physiques a été considérable : dès lors, en effet, et pendant longtemps, le but poursuivi par les physiciens a été de construire leur science à l'image de la mécanique céleste.

Parmi les phénomènes qui semblaient devoir se prêter le mieux à une interprétation mécanique de ce genre, Newton signale ceux qu'Hauksbee avait découverts et étudiait alors dans le domaine de la capillarité (3). Jurin, auquel nous devons les lois expérimentales de l'ascension des liquides dans les tubes

(1) Voir : *Le filage de l'huile*, par le vice-amiral Cloué, Paris 1888,

(2) Newton, *Optice*... latine reddidit Samuel Clarke, editio novissima, Lausanæ et Genevæ MDCCXL, p. 303 et suiv.

(3) 1703-1712, PHIL. TRANS., n°s 305, 319, 332, 336. — *Physico-Mechanical experiments*, London, 1709.

capillaires (1); Segner, qui semble avoir été le premier à signaler la tension superficielle apparente des liquides et s'en est servi pour la détermination de la figure des gouttes (2); après eux, Clairaut, dont la manière d'expliquer la formation du ménisque est encore souvent reproduite (3), tentent tour à tour d'appliquer le raisonnement mécanique à l'hypothèse de Newton, mais sans grand succès. « Laplace y parvient enfin par des méthodes si ingénieuses, écrit M. Duhem, qu'on ne cessera jamais de les admirer et, par là, il crée de toutes pièces l'une des plus belles théories de la physique mathématique; seul, le génie de Gauss peut apporter de nouveaux perfectionnements à l'analyse de Laplace (4). »

L'illustre géomètre fait dépendre les phénomènes capillaires d'attractions moléculaires qui varient avec la distance suivant une loi inconnue, mais deviennent insensibles à des distances sensibles (5). La théorie de Gauss repose sur les mêmes principes, et sa méthode consiste à exprimer que la somme des travaux virtuels de toutes les forces qui sollicitent le système liquide en équilibre est nulle. Cette somme est la variation totale d'une certaine fonction qui, pour l'équilibre, doit être maximum (6). On arrive ainsi à cette conclusion : tout se passe comme si la surface libre du liquide était contractile, douée d'énergie potentielle proportionnelle à son aire, et tendant à prendre l'étendue minimum compatible avec les liaisons qui lui sont imposées.

Poisson, préoccupé semble-t-il de trouver dans l'étude

(1) 1700-1720, Phil. Trans., n°s 335, 363. — *Disquisitiones physicæ de Tubulis capillaribus*, Comm. Acad. Petropol. III, (1728).

(2) Comm. soc. Reg. Gotting., I, (1751).

(3) *Théorie de la Figure de la Terre*, Paris, 1808, pp. 105-128.

(4) Duhem, *Introd. à la Mécan. chimique*, Gand, 1893, p. 6.

(5) *Mécan. céleste*, (1805) IV supplément au Xme livre. — Ann. de Chim. et de Phys. (2), XII.

(6) *Principia generalia theoriæ fluidorum in statu equilibrii*, (1830), Comm. Soc. Gotting. VII; *Gauss' Werke*, (1877), V, 29-77.

de ce problème physique l'occasion d'un succès d'analyse, reprit les travaux de ses prédécesseurs pour y introduire une complication qu'il suppose nécessaire (1). Le résultat ne dépassa pas le point où on l'avait précédemment conduit.

A l'époque où Laplace publiait sa théorie, Thomas Young, reprenant l'idée de Segner dans un travail célèbre (2), part de la notion de la tension superficielle pour établir, le premier, la formule fondamentale

$$p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

qui fait connaître la pression normale exercée par la surface d'un liquide de tension α au point où les rayons de courbure principaux sont R_1 et R_2. Elle ne diffère de celle de Laplace

$$P = K + \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

que par la constante K, pression par unité de surface qu'exercerait la surface supposée plane du liquide considéré : cette constante est nulle dans la théorie de Young. De fait, tandis que la tension superficielle α se manifeste et se mesure de mille façons différentes, la pression K ne se révèle dans aucune expérience directe et tous les phénomènes semblent en être indépendants. On a tenté d'en apprécier la valeur indirectement, en recourant à des hypothèses peut-être plus ingénieuses que vraisemblables, et l'énormité des résultats numériques obtenus n'est pas sans soulever quelque méfiance (**139**).

Young a tenté une justification théorique de son

(1) Mem. de l'Acad. des Sc. (1830) IX; Ann. de Ch. et de Phys. (2) XLVI; *Nouvelle théorie de l'action capillaire*, Paris, 1831.

(2) *An Essay on the cohesion of fluids*. Phil. Trans., 1805 ; *Lectures on Natur. Philos.* Londres, 1807.

point de départ, mais en laissant sans réponse cette question : la tension superficielle est-elle une *réalité* ou une *apparence ?* La surface libre du liquide est-elle tendue, ou bien, par l'effet des actions normales des forces moléculaires, seules réelles, les choses se passent-elles comme elles se passeraient sous l'influence d'une tension qui n'existe pas ? Laplace (1) rencontra plus tard les recherches de Segner et de Young ; il critique les raisonnements du premier et fait remarquer que le second n'a pas réussi à dériver ses hypothèses de l'attraction moléculaire.

Les idées de Young semblaient oubliées, quand des travaux expérimentaux, parmi lesquels il faut citer surtout ceux de J. Plateau et de Van der Mensbrugghe, ramenèrent l'attention des physiciens et des mathématiciens sur la tension superficielle.

Dès le début de ses recherches, notre collègue énonce avec une conviction que n'ébranle aucun doute les idées qui le guident : il admet la *réalité* de cette tension, mais il ne songe pas à combattre la théorie de Laplace. « L'existence de la tension superficielle, écrit-il en 1872, n'exclut en aucune façon la justesse de la théorie de Laplace. Cela est si vrai que M. Lamarle est parti précisément de cette théorie pour démontrer l'existence de la tension dans la couche superficielle d'une masse liquide pleine, et par conséquent aussi dans une lame liquide... D'autre part, la tendance au minimum que présente la surface libre d'une masse liquide en équilibre qu'exprime-t-elle autre chose sinon l'existence d'une véritable tension ? Comment comprendre d'ailleurs qu'une lame liquide, se conformant, je le veux bien, à la théorie de Laplace, conserve la forme plane si elle n'est pas tendue ? » En

(1) *Exposition du système du monde ;* dans les éditions postérieures à 1807.

maints endroits de ses écrits, il admire l'architecture savante de l'édifice élevé par Laplace, jusqu'au jour où il constate que toutes les dispositions n'ont pas été prises pour y loger tous les faits que ses expériences lui ont montrés (**54**, **67**). « Nous avons cru longtemps, écrit-il en 1889, à la légitimité de la méthode de l'illustre analyste ; ... aujourd'hui nous n'y croyons plus pour plusieurs raisons. » C'est qu'il s'est décidé à visiter les fondements de l'édifice, à rechercher d'où viennent les matériaux utilisés et comment la construction s'est élevée. Il trouve trop petite la part qui y est faite aux données expérimentales, trop large celle des hypothèses simplificatrices. « Expérimentateur, dit-il, je préfère les résultats de l'observation à ceux du calcul » ; et il se met en quête d'une théorie nouvelle qui se rapproche davantage des faits. C'est bien là, semble-t-il, la tendance actuelle de la physique ; notre ami estime qu'elle a raison, et c'est dans ce sens qu'il travaille.

Quelles sont donc les données d'observation que Laplace et Gauss auraient négligées et dont il faut tenir compte ? Quelles hypothèses simplificatrices ont-ils introduites dans leurs calculs qui les éloignent de la réalité ?

Les liquides sont *très peu compressibles*, mais en revanche ils sont *parfaitement élastiques*. La *variation de volume* que subit une masse liquide sous l'effort d'une compression est si petite qu'on peut, en général, n'en point tenir compte *dans l'évaluation de ce volume* ; il en est de même des *variations de densité considérées comme entraînant des changements dans le poids de l'unité de volume du liquide* localisée en différentes régions de la masse. Mais les choses changent d'aspect, grâce à la grande élasticité des liquides, dès qu'on envisage les variations des *réactions élastiques* que

peuvent provoquer des variations minimes de densité. Les effets mécaniques dont celles-ci sont capables ne sont nullement négligeables alors même que les efforts qui les ont fait naître n'ont rien d'exagéré et ne modifient sensiblement ni le volume total du liquide, ni le poids de l'unité de volume. Il semble donc qu'en faisant abstraction de *toutes les conséquences* de la compressibilité des liquides, les théories classiques de la capillarité perdent de vue leur parfaite élasticité ; et qu'en ne tenant pas compte des réactions élastiques différentes aux diverses régions de la masse entre lesquelles la densité n'est pas la même, elles négligent un facteur important du problème qu'elles prétendent résoudre. On est confirmé dans cette manière de penser, quand on voit que ces théories, conséquentes avec elles-mêmes, supposent la constitution du liquide identique partout, alors que la couche superficielle qui les limite est manifestement instable : le fait seul de l'évaporation non seulement d'un liquide placé à l'air libre, mais d'un liquide sous un autre liquide le démontre manifestement.

Après avoir accumulé les expériences où se manifeste l'élasticité développée dans les liquides par *compression* et par *traction* (**96, 98, 106, 112, 121, 135, 136, 138, 144-147**), notre collègue poursuit l'idée que nous venons d'énoncer, et arrive aux conclusions suivantes :

Quand on passe du milieu ambiant dans un liquide, les paramètres caractéristiques de ce liquide — sa densité en particulier et, par suite, les réactions élastiques qui en dépendent — ne prennent pas immédiatement et ne conservent pas des valeurs constantes, identiques dans toute la masse. Sur une longueur très petite, r, de l'ordre de 0,05 de micron, prise normalement à partir de la surface, la densité varie rapidement, pour atteindre bientôt une valeur qui reste sensiblement la même quand on continue à pénétrer dans

l'intérieur du liquide. Il s'ensuit que les molécules de cette couche superficielle sont d'autant plus écartées les unes des autres qu'elles sont plus voisines de la surface libre. De là découlent deux conséquences également importantes, se manifestant par deux phénomènes bien réels tous deux et au même titre (**49-51**, **53**, **63**, **78**, **81**, **83**, **85**, **87**, **95**).

En premier lieu, dans le sens *tangentiel* à la surface, les écarts entre les molécules de la couche superficielle d'épaisseur r donnent naissance à des forces de traction élémentaires dont l'intégrale constitue précisément la *tension superficielle* totale, rendue sensible et mesurée dans tant d'expériences diverses. Si la surface est courbe, cette tension uniforme α fait naître une pression normale $\alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$, R_1 et R_2 étant les rayons de courbure principaux de la surface au point considéré ; c'est la formule de Young qui suffit à l'interprétation de tous les phénomènes.

En second lieu, dans le sens *normal* à la surface, les écarts moléculaires provoquent une tendance des particules liquides à quitter la surface libre ; cette tendance, que favorisent encore d'autres circonstances, se manifeste par l'évaporation à toute température.

C'est donc bien dans cette couche superficielle si mince que se localise l'énergie potentielle dont la transformation fournit l'explication de tant de phénomènes divers. Ajoutons que la tension superficielle jointe à l'évaporation continue du liquide fournit l'explication d'autres faits d'observation, entre autres de la résistance spéciale constatée à la surface des grands cours d'eau (**71** et **104**).

Tous ces raisonnements s'appliquent aussi bien aux solides qu'aux liquides : eux aussi tendraient donc à s'évaporer, et en leur couche superficielle résiderait une

énergie potentielle proportionnelle à leur étendue. Si la rigidité des corps solides met, en général, obstacle à la mobilité de leurs éléments, elle ne la rend pas toujours impossible ; notre collègue rappelle à ce propos les belles expériences de Spring sur la soudure de deux parties de même section d'un cylindre métallique soumises à une température de beaucoup inférieure au point de fusion (**93**, **132**) ; peut-être aussi certains phénomènes d'écaillement qui se produisent quand on travaille à obtenir des arêtes vives, ont-ils pour cause, comme l'a suggéré Brillouin, l'existence de la tension superficielle des solides.

Van der Mensbrugghe est revenu sur ces vues théoriques dans plusieurs de ses publications ; il les a brièvement exposées, en 1900, dans le rapport *Sur les phénomènes capillaires* qu'il fut invité à présenter au Congrès international de Physique réuni à Paris (**116**). Dans ce même travail, il a groupé les résultats de ses recherches les plus importantes sur les propriétés de la couche de contact d'un solide et d'un liquide (**24**, **25**, **63**) ; sur la propriété caractéristique de la surface commune à deux liquides soumis à leur affinité mutuelle (**70**, **72**), étude qui l'a conduit à une théorie nouvelle de l'étalement des liquides les uns sur les autres ; et sur la transformation que subit un liquide en s'écoulant dans un autre par un tube très effilé (**72**).

Quel sera le sort de cette nouvelle théorie ? L'avenir le dira. Depuis que les principes en ont été énoncés, l'attention des physiciens s'est portée ailleurs et est retenue par la découverte d'une foule de faits nouveaux dans d'autres domaines de la science. La capillarité n'est plus de mode ; on la considère comme une mine épuisée, et l'on fouille des régions moins remuées dans l'espoir d'y rencontrer l'occasion de quelque découverte sensationnelle. D'ailleurs tous les physiciens admettent

aujourd'hui l'incontestable utilité pratique et l'extrême fécondité de la notion de *tension superficielle ;* tous y ont recours dans leurs raisonnements et l'on peut dire que, pratiquement, la méthode de Young a triomphé. Il convient d'ajouter que les travaux de notre collègue ont beaucoup contribué, avec ceux de son illustre maître, à créer cette situation.

D'autre part beaucoup de physiciens se désintéressent de la question qui a tant préoccupé notre ami : l'existence de la tension superficielle est-elle *réelle* ou simplement *apparente ?* Pour eux, le problème est oiseux, et ils le résolvent en le supprimant. L'attraction universelle qui, en mécanique céleste, explique tout, n'est-elle pas elle-même inexplicable ? Et les travaux de Newton, de Laplace et de tant d'autres, qui ont fait de cette hypothèse la base de leurs calculs, perdent-ils de leur valeur pour s'appuyer sur un symbole d'une simplicité et d'une fécondité qui en imposent l'emploi malgré le mystère dont il reste entouré ?

Notre ami ne partageait pas ce dédain et nous ne l'en blâmerons pas. Jamais il ne se désintéresse du dernier mot ; il pousse à bout chaque question qu'il aborde avec une persévérance inlassable et toujours fructueuse; n'eussions-nous recueilli de ses critiques des théories classiques et de l'exposé de ses vues nouvelles que les résultats expérimentaux de ses recherches sur l'élasticité des liquides, qu'il faudrait se féliciter grandement de ses efforts pour subordonner, mieux qu'on ne l'avait fait jusque-là, les conquêtes réalisées dans l'étude des propriétés des liquides à un même ordre d'idées générales et plus voisines des faits d'observation.

Il nous resterait à envisager l'écrivain et le vulgarisateur. Sans parler des nombreux rapports dont Van der Mensbrugghe fut chargé par l'Académie sur des mémoires de physique et de mécanique céleste, sa com-

plaisance toujours prête et son talent de mettre la science à la portée de tous sans jamais l'abaisser, lui valurent souvent un surcroît de travail. A plusieurs reprises l'Académie l'entendit dans ses séances solennelles ; les demandes de conférences et d'articles de vulgarisation affluaient ; elles émanèrent souvent de la Société scientifique et de la rédaction de cette REVUE et ne furent jamais repoussées. Notre collègue puisait alors à pleines mains dans le trésor très riche de ses notes de laboratoire, et en un style simple, clair et précis racontait de façon charmante et éminemment instructive l'histoire merveilleuse d'une goutte d'eau, d'un grain de poussière, d'une particule d'air et vingt autres aventures dont il possédait si bien les moindres détails. Que d'expériences intéressantes il reste encore à glaner dans le champ qu'il a cultivé ! On en ferait un livre d'initiation excellent, où l'art d'observer et d'expérimenter serait admirablement enseigné et où professeurs et élèves trouveraient, sur un grand nombre de manipulations classiques et une foule de problèmes que soulève l'observation courante, des indications de valeur (**60**, **82**, **105**, **107**, **110**, **115**, **124**, **137**, **143**).

Les notices biographiques que notre collègue a écrittes pour l'ANNUAIRE de l'Académie (**52**. **65**, **79**, **114**) et la *Biographie nationale* sont des modèles du genre. Leur intérêt est accru par cette circonstance qu'ayant vécu dans l'intimité de plusieurs des savants dont il rappelle les travaux et raconte la vie, il trouve dans ses souvenirs personnels mille détails qui ajoutent beaucoup au charme de son récit. Il faut rappeler surtout sa notice sur Joseph Plateau, où le disciple a mis toute l'admiration et la reconnaissance qu'il avait vouées à son maître.

On a dit d'Euler qu'il cessa de calculer et de vivre.

Ainsi notre ami poursuivit-il jusqu'à la fin ses travaux : pendant sa dernière maladie il dictait encore quelques notes sur les propriétés des liquides. Mais il aimait à s'absorber dans de plus graves pensées. Le dernier livre qu'il ait lu est celui de Mgr Baunard, *Le vieillard*. Le jour où, terrassé par le mal qui devait l'emporter, il quitta son cabinet de travail pour se mettre au lit, cet ouvrage resta ouvert sur sa table et, sur la page interrompue on put lire ces lignes, les dernières peut-être qu'il ait lues : « Vienne la maladie, traînant derrière elle l'inévitable mort. Je ne la braverai pas comme le stoïcien : « Douleur, tu n'est pas » un mal ». Je l'accueillerai comme une messagère de la volonté d'un Maître qui est aussi un Père. »

Le vaillant ouvrier avait accompli sa tâche, le fidèle serviteur était prêt à répondre à l'appel du Maître, il s'endormit doucement dans la paix du Seigneur.

J. Thirion, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

Abréviations

AFS : Association française pour l'avancement des sciences ;
ARA : Annuaire de l'Académie Royale de Belgique ;
ASS : Annales de la Société scientifique de Bruxelles ;
BAR : Bulletins de l'Académie Royale de Belgique ;
BCS : Bulletins de la Classe des sciences ;
CR : Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris ;
M in-4°, M in-8° : Mémoires de l'Académie royale de Belgique ;
Ibd : Même collection que celle indiquée dans le n° qui précède.

—

1863. 1. Sur la théorie mathématique des courbes d'intersection de deux lignes tournant dans le même plan autour de deux points fixes. M in-8°, XVI.

1864. 2. Sur quelques propriétés générales des polygones réguliers. BAR, (2), XVII, 153.

3. Sur quelques effets curieux des forces moléculaires des liquides. *Ibd.* (2), XVIII, 161.

1865. 4. Sur les propriétés de deux droites faisant avec un axe fixe des angles complémentaires. *Ibd.* (2), XX, 60.

1866. 5. Discussion et réalisation expérimentale d'une surface particulière à courbure moyenne nulle. *Ibd.* (2), XXI, 552.

6. Sur la tension des lames liquides (1re note). *Ibd.* (2), XXII, 308.

1867. 7. Sur la tension des lames liquides (2e note). *Ibd.* (2), XXIII, 448.

1868. 8. Introduction à l'électrostatique et à la théorie du magnétisme et de l'électrodynamique, par A. Beer. Traduction de l'électrostatique. Paris, 1868.

1869. 9. Sur la tension superficielle des liquides considérée au point de vue de certains mouvements observés à leur surface (1r mémoire). M in-4°. XXXIV.

10. Réclamation de priorité relative à la théorie de l'étalement d'un liquide sur un autre. Ann. de Poggendorff, CXXXVIII, 323.

1870. 11. Sur la viscosité superficielle des lames de solution de Saponine. BAR, (2), XXIX, 368.

12. Sur un principe de statique moléculaire avancé par M. Lüdtge. *Ibd.* (2), XXX, 322.

13. Note critique sur la Théorie mécanique de la chaleur par A. Dupré. Rev. de l'instruct. publique, année 1870.

14. Faits observés au contact de certains liquides de tensions superficielles très différentes. Ann. de Ch. et de Phys. (4), XX, 121.

1871. 15. Traduction de l'article *Experiments on formation of ringvortices in water*, by H. Deacon. Les Mondes, XXVI, 194.

1872. **16.** Note préliminaire sur un fait remarquable que l'on observe au contact de certains liquides de tensions superficielles très différentes. BAR, (2), XXXIII, 223.

17. On a relation between the surface-tension of liquids and the supersaturation of saline solutions. (En collaboration avec Ch. Tomlison). PROC. OF R. SOC., n° 135, 341.

18. Observations sur un article de M. Moutier sur la tension superficielle. JOURN. DE PHYS. (1), I, 321.

1873. **19.** Sur la tension superficielle des liquides considérée au point de vue de certains mouvements observés à leur surface (2e mémoire), M. in-4°, XXXVII.

20. Réponse à une communication de M. Gernez intitulée : *Note relative à l'action prétendue des lames minces liquides sur les solutions saturées*, CR, LXXVI, 45. et 874.

1874. **21.** Considérations relatives à la cause des dépôts d'argent sur les plaques en collodion humide. BUL. DE L'ASS. BELGE DE PHOTOG., n° 4, 134.

22. Remarques concernant la tension superficielle des liquides considérée dans ses rapports avec les théories de Laplace et de Gauss sur les actions capillaires. AFS, Congrès de Lille, 1874.

1875. **23.** L'électricité statique exerce-t-elle une influence sur la tension superficielle d'un liquide ? M in-4°, XL.

24. La théorie capillaire de Gauss et l'extension d'un liquide sur un autre. BAR, (2), XXXIX, 375.

25. Sur les propriétés de la surface de contact d'un solide et d'un liquide (rectification de la note précédente). *Ibd.* (2), XL, 341.

1876. **26.** Sur le problème des liquides superposés dans un tube capillaire. M in-4°, XLI.

27. Application de la thermodynamique à l'étude des variations d'énergie potentielle des surfaces liquides (1re note). BAR, (2), XLI, 769.

28. Même sujet (2e note). *Ibd.* (2), XLII, 21.

29. Quelques mots sur la relation entre les perturbations météorologiques et les variations magnétiques. *Ibd.* (2), XLII, 755.

1877. **30.** Sur les mouvements en apparence spontanés des bulles d'air dans les niveaux et des bulles vaporeuses dans les enclaves liquides des minéraux. *Ibd.* (2), XLIV, 356.

1878. **31.** Études sur les variations d'énergie potentielle des surfaces liquides. M in-4°, XLIII.

32. Nouvelles applications de l'énergie potentielle des surfaces liquides : Cause principale de la perte de charge des jets d'eau ; origine de l'énergie de mouvement acquise par les vagues de la mer ; cause de la production des mascarets à l'embouchure de certains fleuves ; origine de la puissance du Golfstream. BAR, (2), XLVII, 326.

1879. **33.** Sur quelques phénomènes curieux observés à la surface des liquides en mouvement. *Ibd.* (2), XLVIII, 346.

34. Du rôle de la surface libre de l'eau dans l'économie de la nature. AFS, Congrès de Montpellier, 1879.

35. Remarques sur la mesure de la tension superficielle des liquides. JOURN. DE PHYS. (1), VIII, 52.

1880. **36**. Sur l'application du second principe de la thermodynamique aux variations d'énergie potentielle des surfaces liquides. BAR (2), 620.
37. Note sur le travail (**34**) : *Du rôle de la surface libre de l'eau dans l'économie de la nature*. *Ibd.*, (2), XLIX, 154.
38. Voyages et métamorphoses d'une gouttelette d'eau. *Ibd.* (2), XLIX, 423.
1881. **39**. Sur une propriété générale des lames liquides en mouvement. *Ibd.* (3), I, 286.
40. Conférences données aux ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand : De l'énergie potentielle des surfaces liquides. Ann. de l'Assoc., 1883-1885.
41. Remarques sur les phénomènes électriques qui accompagnent les variations d'énergie potentielle du mercure. BAR (3), II, 458.
1882. **42**. Sur les moyens proposés pour calmer les vagues de la mer. *Ibd.* (3), IV, 176.
1883. **43**. Petite expérience de capillarité. Théorie élémentaire des attractions ou répulsions apparentes des corps légers flottants. *Ibd.* (3), V, 482.
44. Histoire d'une goutte d'eau. In-12, Collection nation., Brux., 1883.
45. Discours prononcé aux funérailles de M. F. Duprez, BAR, (3), VII, 708.
1884. **46**. Deux expériences très instructives de capillarité. *Ibd.* (3), VIII, 179.
47. Sur les actions verticales exercées par les ménisques capillaires des liquides. *Ibd.* (3), VIII. 326.
48. Over eene eenvoudige wijze om de watten van Daniel Bernouilli bij middel van den hevel door proeven te bewijzen. En collaboration avec A. Frank. Natura, I, 1884.
1885. **49**. Essai sur la théorie mécanique de la tension superficielle, de l'évaporation et de l'ébullition des liquides. BAR, (3), IX, 346.
50. Remarques critiques sur la note précédente. *Ibd.* (3), X, 405.
51. Sur l'instabilité de l'équilibre de la couche superficielle d'un liquide (1re partie). *Ibd.* (3). XI, 341.
52. Notice sur la vie et les travaux de J.-A.-F. Plateau. ARA, 1885. — Existe en brochure séparée, Bruxelles, 1884.
1886. **53**. Sur l'instabilité de l'équilibre de la couche superficielle d'un liquide (2e partie). BAR, (3), XII, 623,
54. Réflexions sur les principales théories capillaires. AFS, Congrès de Nancy, 1886.
1887. **55**. Sur quelques effets curieux des forces moléculaires au contact d'un solide et d'un liquide. BAR, (3), XIII, 11.
56. Petite expérience relative à l'influence de l'huile sur une masse liquide en mouvement. *Ibd.* (3), XIV, 205.
1888. **57**. Quelques mots sur ma théorie du filage de l'huile. *Ibd.* (3), XV, 263. — La Nature, 28 juillet 1888.
58. Causerie sur la tension superficielle des liquides. Bul. Soc. belge de Microsc., févr. et mars, 1888.
59. Sur quelques expériences de M. Schoentjes sur la tension superficielle des liquides. BAR, (3), XV, 700.
60. Sur les moyens d'évaluer et de combattre l'influence de la capillarité dans la densimétrie. *Ibd.* (3), XVI, 31.

61. Sur les propriétés physiques de la surface de contact d'un solide et d'un liquide. *Ibd.* (3), XVI, 695. — CR, CIX, 607.
62. Contribution à la théorie du siphon. BAR, (3), XVII, 8.
63. Sur les propriétés physiques de la couche superficielle libre d'un liquide et de la couche de contact d'un liquide et d'un solide. *Ibd.* (3), XVII, 151 et 518.
64. Sur un genre particulier d'expériences capillaires. *Ibd.* (3), XVII, 357.
65. Notice sur F. Dupréz. ARA, 1888.
1889. **66.** Sur un genre particulier d'expériences capillaires, BAR, (3), XVIII, 64.
67. Sur la théorie capillaire de Laplace. JOURN. DE PHYS. (2), VIII, 83.
1890. **68.** Sur la condensation de la vapeur d'eau dans les espaces capillaires. BAR, (3), XIX, 101.
69. Discours prononcé aux funérailles de Ch. Montigny. *Ibd.* (3), XIX, 308.
70. Sur la propriété caractéristique de la surface commune à deux liquides soumis à leur affinité mutuelle. *Ibd.* (3), XX, 32 et 253.
1891. **71.** Sur une propriété particulière curieuse des cours d'eau et sur l'une des causes des crues subites. *Ibd.* (3), XXI. 327.
72. Sur la propriété caractéristique de la surface commune à deux liquides soumis à leur affinité mutuelle. *Ibd.* (3), XXI, 420.
73. Sur les variations d'éclat produites à la surface de certains corps par le dépôt d'une couche mouillante. ASS, XVI, 1re partie, 20.
74. Sur une manière très simple d'exposer la théorie des miroirs et des lentilles. *Ibd.* XVI, 1re partie, 62.
75. Sur un nouveau flotteur capillaire. En collaboration avec M. Leconte. *Ibd.* XVI, 1re partie, 67.
76. Théorie élémentaire des lentilles épaisses et des systèmes optiques. *Ibd.* XVI, 2e partie, 207.
77. Sur la détermination des éléments de la lentille équivalente au système optique de l'œil. *Ibd.* XVI, 2e partie, 263.
1892. **78.** Sur la cause commune de la tension superficielle et de l'évaporation des liquides (1re communication). BAR, (3), XXIV, 543. — CR, CXV, 1059. — *Ibd.* CXVIII, 359.
79. Notice sur Ch. Montigny. ARA, 1892.
80. Traduction française de l'ouvrage de Tumlirz (0), *Théorie électromagnétique de la lumière.* Paris, 1892.
1893. **81.** Sur la cause commune de la tension superficielle et de l'évaporation des liquides (2e communication). BAR, (3), XXV, 233.
82. Sur la pression hydrostatique négative. *Ibd.* (3), XXV, 365 et 433.
83. Sur la cause commune de la tension superficielle et de l'évaporation des liquides (3e communication). *Ibd.* (3), XXVI, 37.
84. Réfutation des objections du R. P. Leray (REV. GÉNÉRALE DES SC., 15 mars 1893), contre la théorie de la tension superficielle. ASS, XVII, 1re partie, 91.
1894. **85.** Remarques sur la constitution de la couche superficielle des liquides. BAR, (3), XXVII, 877.
86. Sur les pressions exercées par les liquides en mouvement ou au repos. ASS, XVIII, 1re partie, 16.

87. Démonstration très simple de la cause commune de la tension superficielle et de l'évaporation des liquides. *Ibd.* XVIII, 1re partie, 49.

88. Sur la constitution des nuages. *Ibd.* XVIII, 1re partie, 102.

89. Quelques pages de l'histoire d'un grain de poussière. ASS., XVIII, 1re partie, 133. — RQS, (2), VI, 17.

90. Kritische Bemerkungen zu R. Klimpert's Aufsatz : Ueber Oberflachenspannung. NATUR. WOCHENSCHRIFT, IX, Band 1 und 8 Juli.

1895. **91.** Sur les phénomènes constatés dans la couche superficielle d'un liquide. BAR, (3), XXX, 488.

92. Quelques exploits d'une particule d'air. *Ibd*, (3), XXX, 701.

93. Sur une analogie très importante entre la constitution des solides et des liquides. ASS., XIX, 1re partie, 8.

94. Sur la pression capillaire exercée par une couche superficielle courbe. *Ibd.*, XIX, 1re partie, 60 (voir **84**), et 117-121.

95. L'Évaporation des liquides et des grandes théories capillaires. CR, CXXV, 461.

1896. **96.** Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides. BAR, (3), XXXII, 270 et 418.

97. Quelques expériences propres à faire comprendre la constitution des liquides. ASS., XX, 1re partie, 22 et 65.

98. Principes généraux d'une nouvelle théorie capillaire. *Ibd.*, XX, 1re partie, 18.

99. Discours prononcé aux funérailles de F. Donny. BAR, (3), XXXII, 496.

100. Quelques exploits d'une particule d'air. RQS, (2), IX, 211.

1897. **101.** L'air atmosphérique exerce-t-il une influence sur la hauteur d'un jet d'eau ? RAR, (3), XXXIV, 248.

102. Théorie de l'explosion d'une bulle de savon très mince. ASS., XXI, 1re partie, 25.

103. Étude sur l'influence exercée par un champ électrique sur un mince jet d'eau. *Ibd.*, XXI, 1re partie, 127.

104. Sur une résistance spéciale constatée à la surface des grands cours d'eau. COMPTES RENDUS DU IVe CONGRÈS SCIENT. INTERN. DES CATHOL. (Fribourg, Suisse).

1898. **105.** Sur l'interprétation du principe d'Archimède fondée sur la parfaite élasticité des liquides. BAR, (3), XXXV, 181.

106. Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides. *Ibd.*, (3), XXXVI, 281 ; XXXVII. 497.

107. Le principe d'Archimède et l'égalité de l'action et de la réaction. ASS., XXII, 1re partie, 48.

108. Sur les dépôts formés à la surface des corps solides. RQS, (2), XIV, 221.

109. Sur les propriétés fondamentales des liquides. ANN. ASSOC. DES INGÉNIEURS (Gand), XXI, 3e livraison.

1899. **110.** Sur les conditions générales de l'équilibre dans les vases communicants. BAR, (3), XXXVII, 558.

111. Quelques remarques sur une expérience curieuse de J. Plateau. ASS, XXIII, 1re partie, 10.

112. Sur les effets mécaniques produits par l'élasticité de l'eau. RQS, (2), XV, 580.
113. Sur une expérience curieuse de J. Plateau. ASS, XXIII, 1re partie, 72.
114. Notice sur H. Valerius. ARA, 1899.
1900. **115.** Sur l'expérience inverse de celle du tonneau de Pascal. BCS, 1900, 611.
116. Sur les expériences du professeur Dewar et les théories capillaires. ASS, XXIV, 1re partie, 58.
117. Le centenaire de l'Institution royale de la Grande-Bretagne. RQS, (2), XVII, 175.
118. Sur les phénomènes capillaires. Rapport présenté au Congrès international de Physique de Paris (1900). COMPTES RENDUS DU CONGRÈS, I, 487.
1901. **119.** Remarques sur quelques phénomènes d'imbibition. BCS, 1901, 372.
120. Sur un cas particulier d'équilibre d'une colonne de mercure. ASS, XXV, 1re partie, 166.
121. On a proof of traction-elasticity of liquide. NATURE, 17 Jan. 1901.
1902. **122.** Sur un paradoxe hydrodynamique. BCS, 1902, 292.
123. Sur une expérience de capillarité. ASS, XXVI, 1re partie, 77.
1903. **124.** Sur l'état sphéroïdale des liquides. *Ibd.*, XXVII, 1re partie, 96.
125. Sur une relation entre les forces moléculaires et la solubilité. *Ibd.*, XXVII, 1re partie, 127.
126. Sur une triple alliance naturelle. RQS, (3), III, 37.
1904. **127.** Sur l'élasticité développée dans les Jets d'eau. BCS, 1904, 401.
128. Quelques mots sur la théorie des veines liquides. ASS, XXVIII, 1re partie, 126.
129. Ueber Ausbreitung und Extensionkraft. ANN. D. PHYS. (Drude), XV, 1043.
1905. **130.** Contribution à la théorie des ménisques capillaires. BCS, 1905, 121, 555.
131. Sur quelques effets remarquables produits par un accroissement brusque de vitesse dans une masse liquide. *Ibd.*, 1905, 432.
132. Les corps solides sont-ils doués de tension superficielle efficace? ASS, XXIX, 1re partie, 206.
1906. **133.** Sur quelques faits singuliers observés pendant l'écoulement de l'eau. BCS, 1906, 183.
134. La loi de Lenz appliquée à une masse liquide en mouvement. ASS, XXX, 1re partie, 81.
135. Élasticité de traction des liquides. *Ibd.*, XXX, 1re partie, 199.
136. Sur un effet curieux de l'élasticité de traction du mercure. ATTI ACAD. PONTIF. DEI NUOVI LINCEI, 7 juin, 1906.
1907. **137.** Sur le siphon chanteur. BCS, 1907, 189.
138. Sur les effets observés dans les liquides soumis à la force centrifuge. ASS, XXXI, 1re partie, 272.
139. Sur la constante K de Laplace. BCS, 1907, 1020.
1908. **140.** Sur les conséquences directes de la cohésion des liquides. ASS, XXXII, 1re partie, 141.
141. La capillarité dans ses rapports avec l'étude des cellules organiques. *Ibd.*, XXXII, 1re partie, 250.

142 Aventures d'une parcelle solide plongée dans l'eau. RQS, (3), XIV, 214.
143. Sur le pseudo-siphon de J. Plateau. BCS, 1908, 257.
144 Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides. *Ibd.*, 1908, 1001.
1909. 145. Sur quelques effets singuliers de l'élasticité des liquides. ASS, XXXIII, 1re partie, 131. — RQS, (3), XV, 353.
146. Sur les nombreux effets de l'élasticité des liquides. BCS, 1909, 114.
1910. 147. Cause probable d'un accident singulier sur l'Escaut à Anvers. ASS, XXXIV, 1re partie, 234.
148. Ce qu'on peut apprendre en voyant couler l'eau. RQS, (3), XVII, 514.
1911. 149. Sur une source d'approvisionnement de sel marin dans les eaux de mer. ASS, XXXV, 1re partie, 193.
150. Sur les quatre propriétés providentielles de l'eau. RQS, (3), XX, 90.

Biographie nationale. Notices de Quetelet (Ernest), Rees (Richard van), Rommelaere (Léonce), Rosselt (J.-B.), Rysselberghe (F. Van), Stessels (A.), Symon (Alexis).

Les rapports présentés par Van der Mensbrugghe à l'Académie royale de Belgique, au nombre d'une quarantaine, ne figurent pas dans cette liste, non plus que l'indication des périodiques français, anglais et allemands qui ont reproduit, en entier ou en partie, plusieurs des publications renseignées.

LA
PRÉCESSION DES ÉQUINOXES
SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES

Il y a un peu plus d'un an, nous détachions un chapitre d'un long ouvrage où nous nous proposons de retracer l'histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic ; ce chapitre, consacré à la Physique néoplatonicienne du moyen âge, nous l'avons offert aux lecteurs de la Revue des Questions scientifiques (1) qui ont bien voulu lui faire un accueil favorable ; puissent-ils recevoir avec la même faveur le nouveau fragment de notre œuvre que nous leur présentons aujourd'hui.

I

LES TRAVAUX D'HIPPARQUE

La lutte entre l'Astronomie des sphères homocentriques et l'Astronomie des excentriques et des épicycles, après avoir divisé les géomètres grecs, après avoir provoqué en des sens divers les tentatives des

(1) Troisième série, t. XVIII, 20 juillet et 20 octobre 1910, pp. 10-60 et 385-430.

savants de l'Islam, continuera à mettre aux prises les astronomes du moyen âge et de la Renaissance ; elle ne prendra fin qu'au jour où le triomphe du système de Copernic plongera dans l'oubli les deux systèmes entre lesquels la faveur des hommes s'était jusque-là partagée.

Tandis que se poursuit cette grande bataille, d'autres combats de moindre ampleur se livrent en d'autres champs du domaine de l'Astronomie. Parmi ces combats, il n'en est aucun qui mérite l'attention au même degré que celui dont nous allons retracer les principales péripéties.

L'objet de ce combat est la conquête des lois qui président à ce phénomène lent et compliqué dont le nom moderne est : *Précession des équinoxes*.

La précession des équinoxes fut-elle connue, avant Hipparque, des astrologues de l'Orient ? Pour découvrir ce phénomène, Hipparque fit-il usage d'observations chaldéennes ? Questions difficiles à résoudre, qui ont grandement excité la sagacité des érudits (1), sans obtenir de leurs efforts une solution certaine.

L'histoire précise, et autorisée par des textes, de la précession des équinoxes, débute avec les recherches d'Hipparque ; encore les écrits où Hipparque avait présenté les résultats de ces recherches sont-ils aujourd'hui perdus et n'en connaissons-nous que ce qu'en rapporte Claude Ptolémée.

(1) Voir à ce sujet : L. Am. Sédillot, *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux*, Paris, 1845. — Th. Henri Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue des Égyptiens ou de quelque autre peuple avant Hipparque ?* (Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, t. VIII, première partie, 1869). — L. Am. Sédillot, *Sur quelques points de l'Histoire de l'Astronomie ancienne et, en particulier, sur la Précession des équinoxes ;* lettre au prince Boncompagni (Bulletino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche, t. V, p. 306 ; 1872).

Au dire de Ptolémée (1), Hipparque traitait de la précession des équinoxes en deux de ses ouvrages. L'un de ces ouvrages avait pour titre : *Du transport des points solsticiaux et équinoxiaux*, Περὶ τῆς μεταπτώσεως τῶν τροπικῶν καὶ ἰσημερινῶν σημείων. L'autre traitait : *De la longueur de l'année*, Περὶ τοῦ ἐνιαυσίου μεγέθους. Celui-ci semble, de sept années environ, antérieur à celui-là (2).

Hipparque admet que le plan de l'équateur demeure invariablement lié à la Terre qui, elle-même, demeure immobile au centre du Monde. Par le centre du Monde, passe le plan de l'écliptique ; ce plan tourne autour d'un axe normal au plan de l'équateur, l'axe du Monde ; sa rotation, parfaitement uniforme, et dirigée d'Orient en Occident, est complète en 24 heures sidérales ; c'est le mouvement diurne.

Cette rotation diurne entraîne, en même temps, un système de coordonnées invariablement lié à l'écliptique. L'écliptique sert d'origine aux latitudes boréales ou australes qui, les unes et les autres, sont comptées de 0° à 90°. L'origine des longitudes est le demi-plan normal à l'écliptique et passant par le point équinoxial de printemps ; les longitudes sont comptées de 0° à 360° d'Occident en Orient, dans le sens de la marche du Soleil ou, comme le disaient les anciens, *suivant l'ordre des signes*.

Puisque ce système de coordonnées tourne uniformément, autour de l'axe du Monde, d'orient en occident, en 24 heures sidérales, un point qu'anime uniquement le mouvement diurne gardera une longitude et une latitude également invariables pendant

(1) *Composition mathématique* de Claude Ptolémée, traduite par M. l'abbé Halma, livre VII, chapitre II, tome second, p. 10 et p. 13, Paris, 1816.

(2) Paul Tannery, *Recherches sur l'Histoire de l'Astronomie ancienne*, ch. VIII, 8 (Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 4e série, t. I, pp. 148-149).

tout le cours du temps ; au contraire, s'il est animé d'un mouvement autre que le mouvement diurne, le temps amènera des changements en sa longitude, ou bien en sa latitude, ou bien enfin en ses deux coordonnées ; de bonne heure, les astronomes avaient reconnu que ce système de coordonnées était commodément adapté à l'étude du mouvement des astres errants.

La détermination de la longitude et de la latitude d'une même étoile à deux époques différentes permettra donc de savoir si cette étoile est uniquement animée du mouvement diurne ou si quelque autre mouvement se compose, en elle, avec celui-là.

C'est précisément ainsi qu'Hipparque, en la 50e année de la troisième période de Calippe (129 av. J.-C.), découvrit le mouvement très lent qu'il faut combiner avec le mouvement diurne pour obtenir le déplacement véritable des étoiles fixes par rapport à la Terre.

« En effet (1), quand Hipparque, dans son traité *Du transport des points solsticiaux et équinoxiaux*, citant quelques-unes des éclipses de Lune, tant de celles qui ont été bien observées de son temps, que de celles qui l'avaient été avant lui par Timocharis, marque 6 degrés pour la distance où, de son temps, l'*épi* était du point équinoxial d'automne, vers les points précédents, et 8 degrés environ pour sa distance du même point, au temps de Timocharis, car voici comme il raisonne : « Si, par exemple, au temps de Timocharis, l'épi pré- » cédait le point équinoxial d'abord de 8 degrés, en » suivant la longitude des constellations du zodiaque, » et que maintenant, il le précède de 6 seulement, etc... »

Il conclut de la comparaison de presque toutes les étoiles qu'il a examinées, qu'elles avaient un semblable mouvement, suivant l'ordre des signes.

Hipparque, donc, observa que l'*épi de la vierge*,

(1) Claude Ptolémée, *loc. cit.*, pp. 10-11.

dont la longitude était 172° à l'époque de Timocharis, avait, de son temps, une longitude de 174°. Il n'observa, d'ailleurs, aucune variation dans la latitude de la même étoile (1). Il en conclut qu'entre l'observation de Timocharis et la sienne, l'*épi de la vierge* avait éprouvé, indépendamment de ses multiples révolutions diurnes autour de l'axe du Monde, une rotation de 2° environ, d'occident en orient, autour de l'axe de l'écliptique. Les mêmes remarques peuvent être faites au sujet des autres étoiles, en sorte qu'en son traité *De la longueur de l'année*, le grand astronome de Rhodes put formuler, bien qu'avec quelque hésitation (2), la loi suivante : Les étoiles fixes ont un mouvement d'ensemble qui se compose de deux rotations, la rotation diurne d'abord, puis une rotation uniforme, d'occident en orient, autour d'un axe normal au plan de l'écliptique.

Par cette rotation, la distance entre le point équinoxial de printemps et une étoile située sur le zodiaque varie comme si le point équinoxial *s'avançait* sur le zodiaque dans le sens du mouvement diurne ; d'où le nom de mouvement de *précession des équinoxes* donné au mouvement découvert par Hipparque.

La découverte d'Hipparque entraînait une bien importante conséquence touchant le sens qu'il convient d'attribuer à ces mots : durée d'une année.

Au moment où le Soleil franchit le point équinoxial de printemps, marquons l'étoile qui coïncide avec ce point. Lorsque le Soleil, ayant parcouru l'écliptique, repassera au même point équinoxial, il n'y retrouvera plus la même étoile ; grâce au mouvement découvert par Hipparque, elle aura avancé d'une petite quantité vers l'orient ; le Soleil ne l'atteindra que quelque temps après qu'il aura franchi le point vernal ; l'*année sidé-*

(1) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. VII, c. III ; traduction de l'abbé Halma, t. II, p. 15.
(2) Claude Ptolémée, *loc. cit.*

rale, période au bout de laquelle le Soleil revient à la même étoile, est un peu plus longue que l'*année tropique*, intervalle de temps qui sépare deux passages successifs du Soleil au même point équinoxial.

Quelle est la durée à laquelle il convient réellement d'attribuer le nom d'année ? Est-ce l'année tropique ou l'année sidérale ? En tous cas, quelle est exactement la longueur de chacune de ces deux années ? Telles sont les questions nouvelles que la découverte d'Hipparque posait aux astronomes. Ces questions venaient préciser, mais en le compliquant, le grave problème de la détermination de l'exacte durée de l'année. La fixation du calendrier et l'étude de la précession des équinoxes seront désormais, pour les efforts des astronomes, deux objets invariablement liés l'un à l'autre.

Cette conséquence de sa découverte, Hipparque l'avait aperçue tout d'abord. « La première recherche à faire dans la théorie du Soleil, dit Ptolémée (1), c'est celle de la longueur de l'année ; nous apprenons par les travaux des anciens leurs différentes opinions et leurs doutes à cet égard, et surtout par ceux d'Hipparque qui, plein d'amour pour la vérité, n'a épargné ni recherches ni travaux pour la trouver. Ce qui le surprend le plus, c'est qu'en comparant les retours du Soleil aux points solsticiaux et équinoxiaux, l'année ne lui paraît pas être tout à fait de 365 jours $\frac{1}{4}$, et qu'en comparant les retours aux mêmes étoiles fixes, il la trouve plus longue ; d'où il conjecture que la sphère des étoiles fixes a elle-même une certaine marche lente qui lui fait parcourir la suite des points du ciel et qui, comme celle des planètes, est en sens contraire du premier mouvement par lequel tout le ciel est entraîné...»

Après avoir signalé la différence qui existe entre l'année sidérale et l'année tropique, Hipparque a choisi

(1) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. III, c. II ; trad. de l'abbé Halma, t. I, pp. 150

cette dernière comme celle qu'il convenait de prendre désormais pour année normale. C'est celle, en effet, qu'il faut prendre comme fondement si l'on veut établir un calendrier qui maintienne fixe la date du commencement de chaque saison. Que cette convention fût posée par lui dans son traité *De la longueur de l'année*, nous en avons pour témoin formel un passage de son écrit *Sur les mois et les jours intercalaires* (Περὶ ἐμβολίσμων μηνῶν καὶ ἡμερῶν) ; ce passage nous est textuellement rapporté par Ptolémée (1) ; le voici :

« Dans le livre que j'ai composé sur la durée de l'année, je montre que l'année solaire, qui est le temps que le Soleil emploie à revenir d'un solstice au même solstice ou d'un équinoxe au même équinoxe, contient trois cent soixante-cinq jours et un quart, moins le trois-centième à peu près de la durée d'un jour et une nuit. »

Choisir l'année tropique comme année normale, en déterminer la durée, cela ne suffisait pas à Hipparque ; il lui fallait encore connaître la différence entre l'année sidérale et l'année tropique ou, en d'autres termes, déterminer la valeur annuelle de la précession ; c'est ce qu'il avait fait dans son traité *De la longueur de l'année*, comme nous l'apprend une citation de ce traité faite par Ptolémée (2) : « Car si, par cette cause, les points tropiques et les équinoxes ont marché vers l'occident, d'une quantité qui n'est pas au-dessous de la centième partie d'un degré par an, il faut qu'en 300 ans ils se soient avancés dans ce sens d'une quantité égale à 3 degrés. »

La précession des points équinoxiaux n'est pas inférieure à un degré par siècle ; telle est l'affirmation d'Hipparque en son traité *De la longueur de l'année ;*

(1) Claude Ptolémée, *loc. cit.*, p. 164.
(2) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. VII, c. II ; trad. de l'abbé Halma, t. II, p. 13.

en effet, l'Astronomie moderne évalue à 1°23'30" par siècle la marche des points équinoxiaux.

Le traité *Du transport des points solsticiaux et équinoxiaux* était, sans doute, postérieur au traité *De la longueur de l'année ;* la comparaison entre les observations de Timocharis et les observations d'Hipparque qui sont rapportées en ce traité *Du transport* eût permis d'évaluer la grandeur de la précession des équinoxes avec une approximation supérieure à celle que donne le second ; selon Paul Tannery (1), elle eût conduit à ce résultat, qui eût été bien proche de l'exactitude rigoureuse : 1°23'20" par siècle.

II

LES TRAVAUX DE PTOLÉMÉE

Ce n'est pas cette valeur de la précession, si voisine de la valeur véritable, que Ptolémée adopta ; à l'aide des observations de Ménélas, d'Agrippa et des siennes propres, il crut pouvoir atttribuer à cette précession la valeur qu'Hipparque, en son traité *De la longueur de l'année,* avait indiquée comme un minimum. « Nous avons jugé, dit-il (2), que les étoiles s'avancent vers l'orient d'un degré à peu près en cent ans », en sorte qu'en 36 000 ans, le système entier des étoiles fixes effectue une rotation complète, d'occident en orient, autour des pôles de l'écliptique. Cette durée se fût trouvée réduite à 26 000 ans si Ptolémée avait adopté les évaluations, si voisines de l'évaluation moderne,

(1) Paul Tannery, *Recherches sur l'histoire de l'Astronomie ancienne,* c. XV, 2 (Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 4e série, t. I, p. 265, 1893).

(2) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. VII; trad. de l'abbé Halma, t. II, p. 13.

que contenait le traité *Du transport des points solsticiaux et équinoxiaux*.

Ce mouvement, Ptolémée n'hésite pas à l'attribuer à une sphère en laquelle toutes les étoiles fixes se trouvent invariablement serties. « De semblables observations (1) faites sur ces étoiles et sur les autres les plus remarquables par leur éclat, leurs comparaisons entre elles, et les distances reconnues constantes entre celles que nous avons examinées et tout le reste des fixes, nous font regarder comme certain le mouvement de la sphère des fixes vers l'orient des points tropiques et équinoxiaux, autant que cet espace de temps peut nous en assurer, et que ce mouvement se fait autour des pôles du cercle oblique moyen du zodiaque, et non autour de ceux de l'équateur, c'est-à-dire non autour de ceux du premier mobile. »

Ce premier mobile, qu'anime le mouvement diurne, Ptolémée l'assimile-t-il à une sphère creuse, dénuée d'astres, ainsi qu'on le fera constamment après lui ? Outre les sept orbes des astres errants et l'orbe des étoiles fixes, comptera-t-il un neuvième orbe ? Il ne semble pas qu'il ait explicitement formulé cette hypothèse. Il paraît (2) réduire le premier mobile à une simple ligne, à un grand cercle tracé sur l'ultime surface de l'orbe des étoiles fixes et passant par les pôles du Monde et par les pôles de l'écliptique.

Le mouvement du premier mobile se transmet à tous les orbes qu'embrasse ce grand cercle, en sorte que le mouvement réel de chacun de ces orbes se compose du mouvement diurne et d'un mouvement propre.

En est-il de même du mouvement qui vient d'être attribué à la sphère des étoiles fixes ? Ce mouvement

(1) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. VII, c. IV ; traduction de l'abbé Halma, t. II, p. 28.

(2) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. I, c. VII ; traduction de l'abbé Halma, t. I, p. 24.

se transmet-il ou non aux orbes que la huitième orbite enferme en son sein ? Pour parler plus précisément, l'excentrique qui règle la marche de chacun des astres errants est-il invariablement lié au premier mobile et dénué de tout mouvement autre que le mouvement diurne ? Suit-il, au contraire, la sphère étoilée qu'animent à la fois le mouvement diurne et le mouvement découvert par Hipparque ?

Les prédécesseurs de Ptolémée avaient, semble-t-il, choisi ce dernier parti. Du moins, Pline l'ancien considérait-il (1), pour chaque astre errant, la ligne des absides, qui passe par l'apogée, le périgée et le centre du Monde, et enseignait-il que cette ligne garde une direction fixe par rapport aux étoiles. Il est vrai que Pline ne faisait presque aucune allusion au phénomène de la précession des équinoxes ; malgré son admiration pour Hipparque, il semble qu'il ait méconnu ce phénomène ou qu'il l'ait regardé comme douteux.

Adraste d'Aphrodisias partageait la même opinion en ce qui concerne le Soleil ; c'est du moins ce qu'il nous est possible de conclure des passages où Théon de Smyrne nous rapporte son enseignement.

Théon déclare (2) que « le Soleil paraît se mouvoir le plus lentement et qu'il semble le plus petit, lorsqu'il se trouve à 5°30′ du principe des Gémeaux, et qu'il atteint sa vitesse et son diamètre apparent les plus grands lorsqu'il occupe une position analogue dans le Sagittaire ».

L'astronome platonicien reprend la même affirmation en un autre lieu (3) :

(1) C. Plinii Secundi *De Mundi Historia*, lib. II, cap. XVI.

(2) Theonis Smyrnaei Platonici *Liber de Astronomia*. Textum primus edidit, latine vertit,... dissertatione illustravit Th. H. Martin ; Parisiis, 1849 ; cap. XXVI, p. 241. — Théon de Smyrne, philosophe platonicien, *Exposition des connaissances mathématiques utiles pour la lecture de Platon*, traduite par J. Dupuis ; Paris, 1892 ; *Astronomie*, ch. XXVIbis, p. 267.

(3) Theonis Smyrnaei *Astronomia*, trad. Th. H. Martin, cap. XXX, p. 269. Théon de Smyrne, *Astronomie*, trad. J. Dupuis, c. XXX, p. 285.

« Le Soleil offrira toujours aux mêmes endroits respectifs les plus grandes, les plus petites et les moyennes distances à la Terre ; les plus grandes, comme il a été dit, au cinquième degré et demi des Gémeaux, les plus petites au même degré du Sagittaire, et les moyennes au même degré de la Vierge et des Poissons. »

L'avis d'Adraste, que Théon nous rapporte, est au contraire entièrement différent de celui de Pline en ce qui concerne les cinq planètes ; Adraste admet (1) que, pour chacune d'elles, la ligne des absides tourne avec une vitesse notable autour du centre du Monde : « Quant aux autres planètes, c'est en tout lieu du zodiaque qu'elles peuvent être à la plus grande, à la plus petite et à la moyenne distance de la Terre, et qu'elles peuvent avoir la vitesse minimum, maximum ou moyenne. » C'était là, sans doute, une allusion à l'explication du mouvement planétaire par un excentrique mobile.

Tel est l'enseignement que Théon de Smyrne avait reçu d'Adraste d'Aphrodisias. Il l'entremêle d'une doctrine toute différente touchant les absides du Soleil, doctrine qu'il tenait sans doute d'un autre maître, peut-être de Posidonius (2).

« Quand ou considère attentivement, dit-il (3), le temps du retour en longitude pendant lequel le Soleil parcourt le zodiaque, en allant d'un point au même point, d'un solstice au même solstice, ou d'un équinoxe au même équinoxe, c'est à très peu près le temps signalé plus haut (365 jours $\frac{1}{2}$), de sorte qu'au bout de quatre ans, le retour à un point de même longitude se fait à la même heure.

(1) Théon de Smyrne, *Ibid.*. Cf. : Th. H. Martin, *De Theonis Smyrnaei Astronomia dissertatio*, pars II, § 16, pp. 114-115.

(2) Th. H. Martin, *Dissertatio...*, pars II, § 14, p. 109.

(3) Théon de Smyrne, *Astronomie*, c. XXVII. Éd. Th. H. Martin, pp. 261-263 ; éd. J. Dupuis, pp. 279-281.

» Quant au temps de l'anomalie, après lequel le Soleil revient au point le plus éloigné de la Terre, où il paraît le plus petit et le plus lent dans son mouvement vers les signes suivants, ou bien après lequel il revient au point le plus voisin de la Terre, où il parait avoir le plus grand diamètre et la plus grande vitesse, il est à peu près de 365 jours $\frac{1}{2}$, de sorte qu'au bout de deux ans, le Soleil revient à la même distance à la même heure ».

Les astronomes ont donné le nom d'*année anomalistique* à l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux passages successifs du Soleil soit à l'apogée, soit au périgée. Il est bien vrai que l'année anomalistique surpasse l'année tropique, car l'apogée et le périgée se déplacent par rapport aux points équinoxiaux ; ils décrivent l'écliptique d'un mouvement de rotation uniforme dirigé de l'occident vers l'orient. Mais l'excès de l'année anomalistique sur l'année tropique est seulement de $24^{\text{min.}}59^{\text{sec.}},6$; Théon attribuait à cet excès une valeur de six heures, soit une valeur quatorze fois trop forte. Si l'on eût admis son évaluation, l'apogée eût parcouru tout le zodiaque, d'un solstice au même solstice, en 1461 ans ; il emploie en réalité, à faire cette révolution, une durée de 20 984 ans.

Géminus, en l'ouvrage que nous possédons de lui (1), ne nous parle point des planètes ni, partant, de leurs apogées ; le Soleil, selon lui, parcourt un cercle excentrique au Monde dont l'apogée se trouve en la constellation des Gémeaux ; mais il ne nous dit point s'il croit cet apogée immobile ou s'il lui attribue quelque mouvement.

(1) *Table chronologique des règnes..., Apparition des fixes*, de Claude Ptolémée, Théon, etc., et *Introduction* de Géminus *aux phénomènes célestes*, traduites par M. l'abbé Halma ; Paris, 1819. Géminus, *Introduction aux phénomènes célestes*, c. I, pp. 11-12.

Ainsi les astronomes qui ont précédé Ptolémée semblent avoir professé des opinions fort discordantes touchant le mouvement de l'apogée et du périgée du Soleil et des cinq planètes.

Pour les cinq planètes, Ptolémée soutenait la même opinion que Pline ; il admettait que le périgée et l'apogée de chaque planète éprouvent, par rapport aux points équinoxiaux, un déplacement sensiblement égal à celui qu'éprouvent les constellations zodiacales, de telle sorte que ce périgée et cet apogée gardent des positions invariables par rapport aux étoiles fixes.

« Les apogées des excentriques, disait-il (1), font, selon l'ordre des signes, un petit mouvement qui est uniforme autour du centre du zodiaque ; par les phénomènes actuels, on s'aperçoit que cette progression est pour chaque planète, presque de la même quantité que celle dont progresse la sphère des étoiles fixes, c'est-à-dire d'un degré en cent ans. »

« D'après ces observations [relatives à Mercure], disait-il encore (2), et des comparaisons pareilles qui ont été faites pour les astres, nous avons trouvé que les diamètres qui passent par les apogées et les périgées des cinq planètes ont une certaine progression suivant l'ordre des signes, autour du centre du zodiaque, et que cette progression se fait dans le même temps que celle de la sphère des étoiles fixes ; car celle-ci, suivant ce que nous avons démontré, est d'environ 1° en cent ans, et ici le temps écoulé depuis les antiques observations, où l'apogée de Mercure était dans les 6°, jusqu'à nos observations, où il s'est trouvé avancé de 4° à très peu près, puisqu'il est maintenant dans les 10°, embrasse l'espace de 400 ans. »

(1) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. IX, c. V ; trad. de l'abbé Halma, t. II, p. 158.

(2) Claude Ptolémée, *Op. cit*,. l. IX, c. VII ; trad. de l'abbé Halma, t. II, pp. 171-172.

Pour le Soleil, Ptolémée adopte une tout autre opinion. Après avoir rappelé comment Hipparque avait placé l'apogée solaire 24°30′ avant le solstice d'été, il ajoute (1) : « Nous trouvons à présent encore que ces temps et ces rapports sont toujours les mêmes à très peu près ; ce qui nous prouve que le cercle excentrique du Soleil garde toujours la même position relativement aux solstices et aux équinoxes ».

Cette opinion de Ptolémée est gravement erronée ; non seulement l'apogée solaire se meut, par rapport aux points équinoxiaux, dans le même sens que les étoiles fixes, c'est-à-dire d'occident en orient, mais il se meut plus rapidement que les étoiles fixes ; il décrit annuellement, sur l'écliptique, un arc de 61″8, tandis qu'une étoile zodiacale décrit seulement un arc de 50″ ; la différence de ces deux nombres, soit 11″8, représente le mouvement propre annuel de l'apogée. Il faut environ 26 000 ans à une étoile zodiacale pour parcourir entièrement l'écliptique ; le même parcours est accompli par l'apogée en un peu moins de 21 000 ans (exactement 20 984 ans).

III

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES CHEZ LES GRECS ET LES LATINS APRÈS PTOLÉMÉE. — L'HYPOTHÈSE DE L'*accès* ET DU *recès*. — LA NEUVIÈME SPHÈRE.

L'hypothèse selon laquelle le mouvement de la sphère des fixes ne se réduit pas à l'uniforme rotation diurne autour des pôles du Monde, selon laquelle cette sphère éprouve, en outre, une rotation lente autour des pôles de l'écliptique, cette hypothèse, disions-nous, parut

(1) Claude Ptolémée, *Op. cit.*, l. III, c. IV ; trad. de l'abbé Halma, t. I, p. 184.

sans doute, à la plupart des anciens, une supposition fort insolite ; elle fut rarement adoptée, plus rarement encore combattue ; presque tous les auteurs qui eurent occasion de traiter de l'Astronomie la passèrent, tout d'abord, sous silence.

Entre l'époque d'Hipparque et celle de Ptolémée, on ne trouve presque aucun écrivain qui y ait fait allusion. Pline l'Ancien, grand admirateur d'Hipparque, mais admirateur fort peu compétent, est le seul qui consacre quelques lignes (1) au mouvement lent de la sphère étoilée ; encore, en ces quelques lignes, ce phénomène n'est-il signalé que sous une forme aisément méconnaissable : « Jamais, écrit Pline, on n'aura donné à Hipparque assez de louanges, car personne n'a mieux prouvé que l'homme est parent des astres et que notre âme est une partie du Ciel. Hipparque a découvert une nouvelle étoile, différente des autres, et qui avait été engendrée de son temps ; le mouvement de cette étoile, à partir du jour où elle brilla, l'a conduit à se demander si un tel évènement ne se produisait pas plus souvent et si les étoiles que nous croyons fixes ne se meuvent pas, elles aussi. » Il n'y avait point là de quoi révéler, aux contemporains de Pline, la grande découverte d'Hipparque.

Cette découverte, Cléomède n'en dit rien, ce qui laisse supposer un pareil silence de la part de Posidonius, dont Cléomède s'inspirait. Nous ne trouvons rien sur la précession des équinoxes dans ce que nous possédons des écrits de Géminus. Théon de Smyrne est également muet au sujet de ce phénomène ; et comme Théon de Smyrne nous rapporte les enseignements d'Adraste d'Aphrodisias et de Dercyllide, on peut croire que ces philosophes ne s'étaient point souciés de la découverte d'Hipparque.

(1) C. Plinii Secundi *Historia naturalis*, lib. II, c. XXVI.

A notre connaissance donc, Ptolémée est le premier astronome, après Hipparque, qui se soit occupé du déplacement lent des étoiles fixes. L'étude détaillée qu'il en fit en la *Syntaxe mathématique* attira sans doute vivement l'attention de ses contemporains et, particulièrement, de ceux qui s'adonnaient à l'Astrologie.

Tant que ce phénomène était demeuré inconnu, on avait déterminé le mouvement d'une planète en composant le mouvement de cette planète par rapport aux étoiles avec le mouvement diurne ; en particulier, ce que les astrologues avaient constamment fait intervenir dans leurs jugements, c'est la position qu'à un instant donné chaque planète occupe par rapport aux constellations nommées signes du zodiaque.

Ptolémée, en montrant, après Hipparque, que les étoiles non-errantes possédaient un autre mouvement que le mouvement diurne, bouleversait tous ces principes universellement acceptés. Si l'on voulait rapporter la position d'une planète à des repères qui fussent fixes (abstraction faite du mouvement diurne), ce n'est plus aux signes concrets du zodiaque, formés d'étoiles visibles, qu'il la fallait comparer, mais à des signes abstraits, dont aucune étoile ne marque la place dans le Ciel, que le mouvement diurne entraîne seul, tandis qu'un autre mouvement déplace les signes concrets par rapport aux signes abstraits.

La lenteur de ce dernier mouvement, l'ignorance de la loi exacte qui le règle, partant l'impossibilité de déterminer l'exacte position d'une planète par rapport aux signes abstraits lorsque sa situation par rapport aux signes concrets a été observée, donnaient matière à critiquer les calculs et les prédictions des astrologues. Que les adversaires de l'Astrologie judiciaire aient, fort peu de temps après Ptolémée, fait valoir cette critique, nous en trouvons le témoignage dans les écrits d'Origène (vers 180-253).

En un fragment de la troisième partie de ses *Commentaires à la Genèse*, fragment qui nous a été conservé par Eusèbe (1), Origène discute les principes par lesquels les astrologues prétendaient justifier l'établissement des thèmes généthliaques ; à ce propos, il écrit les lignes suivantes :

« On a énoncé un théorème démontrant que le cercle du zodiaque est mû, d'un mouvement semblable à celui des planètes, dirigé d'occident en orient, et décrivant un degré par siècle ; au bout d'un temps très long, ce mouvement fait prendre à chacun des signes du zodiaque la place du signe suivant. Autre est ce qui advient du signe intelligible, autre ce qui advient du signe qui a, pour ainsi dire, une configuration ; mais du signe intelligible il n'est rien qui puisse être exactement connu. Toutefois, que ceci soit accordé : On connaît le signe intelligible ou bien il est possible, à partir du signe sensible, de déterminer le signe vrai... — Φέρεται δὴ θεώρημα ἀποδεικνύον τὸν ζωδιακὸν κύκλον ὁμοίως τοῖς πλανωμένοις φέρεσθαι ἀπὸ δυσμῶν ἐπὶ ἀνατολὰς δι' ἑκατὸν ἐτῶν μοῖραν μίαν, καὶ τοῦτο τῷ πολλῷχόνῳ ἐναλλάττειν τὴν θέσιν τῶν δωδεκατημορίων · ἑτέρου μὲν τυγχάνοντος τοῦ νοητοῦ δωδεκατημορίου · ἑτέρου δὲ τοῦ ὡσανεὶ μορφώματος · ἀλλ' ἐκ τοῦ νοητοῦ ζωδίου, ὅπερ οὐ πάνυ τι δυνατὸν καταλαμβάνεσθαι. Ἔστω δὲ καὶ τοῦτο συγκεχωρημένον τὸ καταλαμβάνεσθαι τὸ νοητὸν δωδεκατημοριον, ἢ δύνασθαι ἐκ τοῦ αἰσθητοῦ δωδεκατημορίου λαμβάνεσθαι τὸ ἀληθές... »

En dépit d'un membre de phrase obscur (2), le sens général de ce passage est fort clair ; pour Origène le signe qu'anime le seul mouvement diurne ne corres-

(1) Origenis *e tomo III commentariorum in Genesim fragmentum. ad cap. I. vers.* 14 ; 11 [Origenis *Opera omnia* accurante J. P. Migne, t. II (*Patrologiæ græcæ* tomus XII), col. 80].

(2) Celui qui commence par ces mots : ἀλλ' ἐκ τοῦ νοητοῦ ζωδίου. F. Viger, dont la *Patrologie grecque* de Migne reproduit la traduction latine, suppose que le texte présente ici une lacune ; l'hypothèse qu'il fait pour remplir cette lacune ne nous paraît pas très assurée.

pond à rien de concret ; c'est une figure purement abstraite que l'esprit conçoit et détermine en appliquant la loi de précession au signe concret.

De son temps, cependant, certains astronomes ou physiciens attachaient vraisemblablement ces signes abstraits à un corps concret; hors la sphère des étoiles fixes, mue à la fois du mouvement diurne et du mouvement de précession, ils imaginaient qu'il existât une neuvième sphère sans étoile, à laquelle les signes abstraits fussent invariablement liés.

Origène, en effet, nous rapporte leur croyance à l'existence d'une sphère suprême dépourvue d'astres, sans nous dire, toutefois, s'ils déduisaient du phénomène de précession leurs raisons de croire à cette existence.

« Ils entendent proprement donner le nom de Monde, écrit-il (1), à cette sphère suréminente qu'ils appellent ἀπλάνης (2)... Toutefois, au-dessus de cette sphère qu'ils nomment ἀπλάνης, ils prétendent qu'il en existe une autre ; de même que, pour nous, le Ciel contient toutes les choses sublunaires, de même prétendent-ils que cette sphère, d'une immense étendue et d'une inexprimable contenance, enserre les espaces occupés par toutes les autres sphères à l'intérieur d'un orbe plus magnifique ; en cette sphère, donc, toutes choses se trouvent contenues, comme notre Terre est entourée par le Ciel. »

L'intérêt que le phénomène de la précession des équinoxes semble avoir excité chez Origène et chez les Alexandrins de son temps paraît s'être maintenu bien longtemps, si nous en jugeons par les écrits des auteurs grecs ou latins.

(1) Originis *De principiis libri quatuor*, lib. II, cap. III [Origenis *Opera omnia* accurante J. P. Migne, tomus I (*Patrologiæ græcæ* tomus XI), coll. 195-196].

(2) La sphère des étoiles non errantes.

Thémistius (317-385) avait composé des commentaires au *De Cœlo* d'Aristote. Ces commentaires ont eu une assez singulière fortune ; ils furent traduits du grec en syriaque, du syriaque en arabe, de l'arabe en hébreu ; à la Renaissance, un juif de Spolète, Moïse Alatino, les mit en latin ; jusqu'à ces dernières années, cette dernière version latine nous était seule parvenue (1) ; depuis peu, la version hébraïque, qui avait été faite, en 1284, par Zerahjah ben Isak ben Schealtiel ha-Sefardi, a été retrouvée, en deux textes manuscrits ; M. Samuel Landauer l'a publiée en l'accompagnant d'une nouvelle version latine (2).

En cet écrit, Thémistius, après avoir parlé du mouvement diurne des étoiles fixes, mentionne (3) la découverte d'Hipparque et de Ptolémée, mais en homme qui ne s'y intéresse guère : « Toutefois, dit-il, quelques-uns de ceux qui ont ensuite fait profession de mathématiciens, tels qu'Hipparque et Ptolémée, ayant étudié avec soin les conjonctions des étoiles fixes [avec les points équinoxiaux] ont affirmé qu'elles se mouvaient de mouvement direct, parcourant un degré en une durée de cent ans. Mais il convient que nous laissions ce discours... »

Parmi les écrivains latins, nous en trouvons un seul qui ait fait, au phénomène dont nous parlons, une brève et vague allusion ; cet écrivain est Macrobe, qui vivait en 422 à la cour de Théodose le Jeune. En son *Commentaire au Songe de Scipion*, Macrobe s'exprime en ces termes (4) :

(1) Themistii peripatetici lucidissimi *Paraphrasis in libros quatuor Aristotelis de Cœlo* nunc primum in lucem edita. Moyse Alatino Hebraeo Spoletino Medico, ac Philosopho interprete. Ad Aloysium Estensem card. amplissimum. Venetiis, apud Simonem Galignanum de Karera. MDLXXIIII.

(2) Themistii *In libros Aristotelis de Cœlo paraphrasis hebraice et latine*. Edidit Samuel Landauer. Berolini, MCMII.

(3) Themistii *Op. laud.*, lib. II ; éd. Alatino, fol. 31, verso ; version latine de Landauer, p. 115.

(4) Ambrosii Theodosii Macrobii *Commentariorum in Somnium Scipionis*

« Il convient d'ajouter que toutes les étoiles autres que le Soleil, la Lune et les cinq planètes sont fixées au Ciel, et n'ont d'autre mouvement que celui dont elles se meuvent avec le Ciel. D'autres astronomes, dont l'opinion est plus récente, ont assuré qu'outre le mouvement qui les entraîne par suite de la rotation du Ciel, elles se déplacent d'un mouvement propre ; mais comme le globe extrême est immense, une seule révolution de leur course consomme un nombre de siècles qui dépasse toute croyance ; l'homme n'a donc aucune perception de leur mouvement ; la vie humaine, en effet, est trop courte pour lui permettre de saisir même un faible trajet d'une si lente rotation. »

Ce passage est intéressant à divers égards, particulièrement à celui-ci : Le mouvement découvert par Hipparque est attribué, comme dans la Syntaxe de Ptolémée, à l'orbe qui porte les étoiles fixes, tandis que le mouvement diurne est attribué au *Ciel ;* nous trouvons ici une nouvelle allusion à ce neuvième orbe, privé de tout astre, qu'admettaient déjà certains savants contemporains d'Origène et dont la considération reviendra fréquemment dans les écrits des astronomes.

La Science hellène de l'École d'Alexandrie était sans doute, beaucoup mieux que la Science latine, au courant des recherches d'Hipparque et de Ptolémée sur la précession des équinoxes. Mais les suppositions de ces deux grands astronomes touchant le mouvement des étoiles fixes n'étaient pas les seules qu'elle eût à discuter ; elle en connaissait aussi de différentes.

Pour Hipparque et pour Ptolémée, le mouvement de la sphère des étoiles fixes consistait en une rotation

liber primus, cap. XVII. Th. H. Martin met à tort Macrobe au nombre des écrivains qui ont gardé le silence au sujet de la précession des équinoxes (Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue... avant Hipparque ?* c. IV, § 3).

complète, poursuivie, toujours dans le même sens, autour d'un axe perpendiculaire à l'écliptique. D'autres astronomes voulaient que ce mouvement se réduisît à une oscillation ; qu'il progressât alternativement d'occident en orient, puis d'orient en occident ; enfin que l'amplitude de ce mouvement n'embrassât qu'un petit nombre de degrés.

L'existence d'une telle théorie nous est signalée par Théon d'Alexandrie, père de la mathématicienne Hypathia, qui commenta, en la seconde moitié du IVe siècle, les écrits de Ptolémée. Ce qu'il nous en rapporte se trouve dans les commentaires (1) aux prolégomènes mis par Ptolémée en tête de ses *Tables manuelles*. Voici comment Théon s'exprime au Chapitre qu'il intitule : *De la conversion*, περὶ τροπῆς :

« Les anciens astrologues (Οἱ παλαιοὶ τῶν ἀποτελεσματικῶν) prétendent, sur quelques conjectures, que les points tropiques s'avancent vers l'orient de huit degrés pendant une certaine durée, et qu'ils reviennent ensuite au lieu où ils se trouvaient. Cette supposition ne paraît pas véritable à Ptolémée ; lors même qu'on n'admet pas cette hypothèse, les calculs moyens faits par les tables s'accordent avec les observations faites par les instruments ; aussi n'admettons-nous pas non plus cette correction. Toutefois, nous allons exposer la méthode que ces astrologues suivent en leur calcul.

» Ils comptent 128 années avant le règne d'Auguste et regardent l'instant ainsi obtenu comme l'instant où cette marche de huit degrés vers les signes suivants [vers l'orient] a atteint sa plus grande valeur, et où a commencé le retour en arrière (2) ; à ces 128 années,

(1) *Commentaire* de Théon d'Alexandrie *sur les Tables manuelles* de Ptolémée, traduites par M. l'abbé Halma. Première partie, contenant les prolégomènes de Ptolémée, les commentaires de Théon, et les tables préliminaires... Paris, 1822. Commentaire aux prolégomènes : De la conversion, p. 5.

(2) Voici le texte de Théon : Λαμβάνοντες γὰρ τὰ πρὸ τῆς ἀρχῆς Αὐγούσ-

ils ajoutent les 313 années écoulées depuis le règne d'Auguste jusqu'au règne de Dioclétien, et les années parcourues depuis Dioclétien ; ils prennent le lieu qui correspond à cette somme d'années, en admettant qu'en 80 ans, le lieu se déplace d'un degré ; ils retranchent de huit degrés le nombre de degrés obtenu par cette division [du nombre d'années par 80] ; le reste marque le degré jusqu'où les points tropiques sont alors avancés ; ils ajoutent ce reste aux degrés que les calculs susdits donnent pour le lieu du Soleil, de la Lune ou des cinq planètes ».

La lecture de ce passage de Théon nous fournit bon nombre de renseignements précis sur l'hypothèse de ce mouvement oscillatoire, que les Latins ont nommé *motus accessus et recessus*, et qu'avec Delambre, nous nommerons *mouvement d'accès et de recès*.

Nous voyons que, selon l'hypothèse proposée, le mouvement de recès, c'est-à-dire la marche des points tropiques vers l'orient des étoiles fixes, a pris fin, pour faire place au mouvement d'accès, 128 ans avant le règne d'Auguste, c'est-à-dire 155 ans avant J.-C. ; que le mouvement, tant d'accès que de recès, est regardé comme un mouvement uniforme parcourant un degré en 80 ans ; enfin que l'amplitude totale de l'oscillation est de huit degrés.

Un seul point demeure obscur : Qui sont ces anciens astrologues, παλαιοὶ ἀποτελεσματικοί, dont parle Théon d'Alexandrie ? Les paroles de cet auteur nous marquent qu'il les regarde comme antérieurs à Ptolémée ; sont-ils, dans sa pensée, antérieurs ou postérieurs à Hipparque ? Th. H. Martin n'hésite pas à affirmer (1) que

του βασιλέως ἔτη ΡΧΗ, ὡς τότε τῆς μεγίστης μεταβάσεως τῶν Η μοιρῶν γενομένης εἰς τὰ ἑπόμενα καὶ ἀρχὴν λαμβανόντων ὑποστρέφειν. La traduction de l'abbé Halma, comme il arrive souvent, est un perpétuel contre-sens.

(1) Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue... avant Hipparque ?* c. II, § 3.

la seconde des deux alternatives est la vraie ; plus prudents, nous demeurerons dans le doute.

L'hypothèse émise par ces astrologues était, en tous cas, de nature à rebuter les esprits qui ont une juste idée des lois du mouvement ; les Hellènes, formés par la philosophie platonicienne ou péripatéticienne, avaient assez le sens de la continuité pour ne pas admettre qu'un mouvement alternatif pût être formé par la succession régulière de deux mouvements uniformes de sens contraire. Sous la forme que lui avaient donnée les *anciens astrologues*, la théorie de l'accès et du recès devait paraître insensée à tous les bons astronomes ; mais les idées sensées ne sont pas les seules qui influent sur la marche de la Science.

Cette hypothèse, en tous cas, fut, comme nous l'avons vu, rejetée par Théon d'Alexandrie. D'ailleurs, en son commentaire au VIIIe livre de l'Almageste, Théon admet pleinement la théorie de Ptolémée ; il attribue aux étoiles fixes une rotation uniforme, d'occident en orient, qui s'accomplit en 36 000 ans autour de l'axe de l'écliptique.

Il s'en faut bien que cette confiance en la théorie de Ptolémée ait été partagée par tous les astronomes grecs. Certains d'entre eux ont résolument nié le mouvement qu'Hipparque et l'auteur de l'Almageste avaient attribué aux étoiles fixes. De ce nombre est Proclus Diadoque.

Proclus naquit en 412 à Xanthe en Lycie ; vers 450, il succéda à Syrianus à la tête de l'Ecole d'Athènes, ce qui lui valut le surnom de Διάδοχος (Successeur) ; il mourut en 485.

En deux de ses écrits, le *Commentaire au Timée de Platon*, et le *Tableau des hypothèses astronomiques*, ou *Hypotyposes*, ce philosophe néo-platonicien a très vivement attaqué la supposition que les étoiles fixes eussent un mouvement distinct du mouvement diurne.

Dans le remarquable mémoire que nous avons cité à plusieurs reprises, Th. H. Martin a réuni(1) les divers textes où sont formulées ces attaques.

Les *Hypotyposes* sont un exposé résumé, mais très fidèle, de l'Astronomie d'Hipparque et de Ptolémée ; Proclus ne contredit à l'opinion de ces deux grands astronomes qu'au sujet de la précession des équinoxes ; s'il s'écarte de leur avis à ce sujet, c'est par respect pour l'antique science des Égyptiens et des Chaldéens qui, selon lui, eussent assurément découvert ce phénomène s'il était réel.

Voici d'abord en quels termes (2) le Diadoque pose le problème du mouvement lent des étoiles fixes : « L'observation des étoiles nommées fixes, et qui le sont réellement, ne laissa pas que de leur causer des embarras, dit-il en parlant des astronomes grecs ; car ces étoiles, d'après les observations, paraissaient se trouver à des distances variables des pôles du Monde, et semblaient occuper tantôt une position, tantôt une autre, comme si ces étoiles avaient des mouvements autour d'un pôle autre que celui du Monde, aussi bien que celles que tout le monde nomme errantes ».

Nous le voyons (3) ensuite présenter l'opinion des astronomes qui distinguent l'année sidérale de l'année tropique parce qu'ils attribuent aux constellations un mouvement continu vers l'orient, à raison d'un degré par siècle ; mais il ne se range pas parmi ceux qui tiennent de tels discours.

Plus loin encore (4), il définit, d'après Ptolémée, la

(1) Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue.... avant Hipparque ?* c. II, § 2.

(2) *Hypothèses et époques des planètes*, de C. Ptolémée, et *Hypotyposes* de Proclus Diadochus, traduites pour la première fois du grec en français par M. l'abbé Halma ; Paris, 1820. *Hypotyposes* de Proclus Diadochus, philosophe Platonicien, ou *Représentation des hypothèses astronomiques*, pp. 69-70.

(3) Proclus, *Op. cit.*, éd. cit., pp. 87-88.

(4) Proclus, *Op. cit.*, éd. cit., pp. 113-115.

précession continue des équinoxes, et il en présente les preuves, telles qu'on les trouve en l'Almageste ; mais il fait ses réserves : « L'admirable Ptolémée, dit-il, croit devoir démontrer que la sphère des étoiles fixes se meut d'un degré en cent ans et, ce qui est le plus incroyable, que ce mouvement s'exécute autour des pôles du zodiaque. »

Le philosophe platonicien semble croire, d'ailleurs, que l'hypothèse de Ptolémée n'est posée qu'en vue de la théorie des cinq planètes : « Ptolémée pense, répète-t-il (1), qu'il faut admettre ce mouvement des étoiles fixes, d'un degré en cent ans vers l'orient, pour sauver les apparences en ce qui concerne les cinq planètes. »

D'ailleurs, il rejette résolument cette hypothèse : « La neuvième difficulté, dit-il (2), est le mouvement de la sphère des étoiles fixes, tel que nous l'avons exposé, bien que nous ne l'admettions pas. Il est vrai que si ce mouvement n'a pas lieu, l'on se trouve évidemment dans l'embarras pour les hypothèses relatives aux cinq planètes, car on y emploie le mouvement de la sphère des étoiles fixes vers l'orient. Cependant, les phénomènes mêmes prouvent qu'il ne faut pas admettre ce mouvement. Car comment les deux Ourses, comprises depuis tant d'années dans le cercle de perpétuelle apparition, y seraient-elles encore s'il était vrai qu'elles avançassent d'un degré en cent ans autour des pôles du cercle mitoyen du zodiaque, qui ne sont pas ceux du Monde ? Après avoir parcouru déjà un si grand nombre de degrés, elles ne devraient plus passer au-dessus de l'horizon, mais disparaître au-dessous dans quelques-unes de leurs parties. C'est donc là une preuve de fait contre ce mouvement. Joignez-y l'accord de tous les sages, qui n'attribuent à la sphère des fixes qu'un mouvement autour du pôle du Monde et vers l'occident. »

(1) Proclus, *Op. cit.*, éd. cit., p. 115.
(2) Proclus, *Op. cit.*, éd. cit, p. 150.

Proclus s'exprime encore (1) d'une manière toute semblable dans son *Commentaire au Timée :* « Quant à ceux qui veulent que ces étoiles se meuvent aussi d'un degré en cent ans, autour des pôles du zodiaque, vers l'orient, comme l'ont voulu Ptolémée, et Hipparque avant lui, à cause de la confiance qu'ils ont donnée à des observations, que ceux-là sachent d'abord que les Égyptiens, qui avaient observé le Ciel bien avant eux, et les Chaldéens, dont les observations remontent bien plus haut encore, et qui, avant d'avoir observé, avaient été instruits par les dieux, ont pensé comme Platon sur le mouvement unique des étoiles fixes. »

Dans son *Commentaire au Timée* comme en ses *Hypotyposes*, Proclus persiste à croire que Ptolémée n'a recours au mouvement de précession des points équinoxiaux que pour expliquer le déplacement, par rapport à ces points, des absides des cinq planètes ; il proclame (2) que la théorie des planètes n'exige nullement l'intervention de cette hypothèse. D'ailleurs, s'accorderait-elle avec les observations que cela ne suffirait point à nous assurer qu'elle est conforme à la vérité : « Ne savons-nous pas que, par de fausses hypothèses, on peut arriver à une conclusion vraie, et que la concordance de cette conclusion avec les phénomènes n'est pas une preuve suffisante de la vérité de ces hypothèses ? »

Cette condamnation, Proclus ne la réserve pas aux suppositions qu'Hipparque et Ptolémée ont imaginées touchant le mouvement des étoiles fixes ; il l'étend sans doute au mouvement oscillatoire qu'attribuaient à ces mêmes astres les anciens astrologues dont Théon nous a rapporté l'avis ; car Proclus mentionne cet avis assez

(1) Procli Diadochi *In Platonis Timaeum Commentaria*. Edidit Ernestus Diehl. Leipzig, MCMVI ; Βιβλίον Δ, t. III, p. 124.

(2) Procli Diadochi *In Platonis Timaeum Commentaria*. Edidit Ernestus Diehl. Leipzig, MCMVI ; Βιβλίον Δ, t. III, pp. 125-126.

explicitement pour nous montrer qu'il le connaissait, mais assez brièvement pour nous laisser supposer qu'il n'en tenait aucun compte : « D'autres astronomes, dit-il (1), prétendent que les points tropicaux ne se meuvent pas selon un cercle entier mais que chacun d'eux se déplace de quelques degrés, puis parcourt de nouveau ces mêmes degrés en sens inverse. »

L'exemple de Proclus nous a montré que plusieurs des philosophes grecs les plus éminents et les plus versés en l'Astronomie refusaient de recevoir la théorie d'Hipparque et de Ptolémée sur le mouvement des étoiles fixes. D'autres, au contraire, recevaient volontiers cette opinion.

C'est ainsi que Jean Philopon fait allusion à l'existence du neuvième orbe par lequel les successeurs de Ptolémée expliquaient le mouvement propre des étoiles fixes, et qu'il y fait allusion comme à une connaissance communément reçue : « Platon, dit-il (2), n'a pas connu le neuvième orbe qui ne porte ni astre ni étoile, et qui a été découvert par Ptolémée. »

On admettait donc couramment à Alexandrie, au temps de Jean Philopon, l'existence de ce neuvième ciel dont Origène avait déjà connaissance ; à la même époque, en dépit des critiques déjà anciennes de Proclus, on l'admettait également à Athènes ; Simplicius va nous le dire.

« Évidemment, a dit Th. H. Martin (3), Simplicius ne croit pas à la précession des équinoxes. » Le savant érudit portait ce jugement après avoir parcouru les

(1) *Hypotyposes* de Proclus Diadochus, éd. Halma, p. 88.

(2) Ioannes Grammaticus Philoponus Alexandrinus *In Procli Diadochi duodeviginti argumenta de mundi æternitate*... Ioanne Mahotio Argentenae interprete. Lugduni. 1557. In fine : Lugduni, excudebat Nicolaus Edoardus, Campanus, quinto idus ianuarias, 1557. — In Procli Diadochi argumentum decimum tertium ; éd. cit., p. 344.

(3) Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue... avant Hipparque ?* c. II, § 2.

commentaires au Περὶ Οὐρανοῦ, sans y trouver d'allusion au mouvement des étoiles fixes. Il eût, assurément, réformé ce jugement s'il avait mieux lu ces commentaires ; il l'eût également réformé si son attention eût été attirée sur certain passage du *Commentaire à la Physique*.

Ce passage se trouve (1) au quatrième livre de ce commentaire, alors que le Philosophe athénien, après avoir discuté les diverses théories du lieu proposées par Aristote et par ses successeurs, en vient à exposer la doctrine de son maître Damascius, doctrine qu'il a faite sienne.

Désireux d'éclairer cette doctrine par une comparaison, Simplicius nous dit que « les Astronomes imaginent une sphère sans astre, qu'ils supposent en cette sphère un zodiaque idéal, qu'ils y marquent les positions, uniquement conçues par l'esprit, des divers astres ; qu'ils ne le font pas pour que le Ciel soit, par cette sphère, mû de son mouvement circulaire, mais bien pour qu'ils puissent soumettre à des calculs les mesures des mouvements qui sont, par l'intermédiaire de cette sphère, rapportés à des termes bien déterminés ». A plusieurs reprises, en ce passage, Simplicius parle des positions successives occupées par la constellation du Bélier. « Et comment, dit-il, reconnaîtrions nous que le Bélier change de lieu, si nous ne le comparions à certains centres ? »

Il nous est impossible de ne pas reconnaître en ce passage une allusion fort nette au phénomène de la

(1) Simplicii *Commentarii in octo Aristotelis Physicae auscultationis libros cum ipso Aristotelis textu* ; Venetiis, in ædibus Aldi et Andreae Asulani Soceri Mensae *(sic)* Octobri MDXXVI ; p. 148, recto.

Simplicii philosophi perspicacissimi *Clarissima commentaria in octo libros Arist. de Physico Auditu*. Venetiis, apud Hieronymum Scottum, MDLXVI. Lib. IV, cap. V, pp. 229-230.

Simplicii *In Aristotelis physicorum libros quattuor priores commentaria*. Edidit Hermannus Diels. Berolini, 1882. Lib. IV, corollarium de loco, p. 633.

précession des équinoxes ; il y a plus ; il semble bien que Simplicius vise ici une théorie dont nous avons déjà trouvé trace dans les écrits d'Origène et de Macrobe : Le mouvement de précession est attribué à l'orbite qui porte les étoiles fixes ; au-dessus de cette orbite se trouve un neuvième ciel, dénué de tout astre, qu'anime le seul mouvement diurne et qui communique ce mouvement aux orbes inférieurs.

De cette théorie, Simplicius retient la supposition de cet orbe suprême qui ne porte aucune étoile ; mais il se refuse à y voir un ciel concret, chargé de communiquer le mouvement diurne aux huit orbites qu'il contient ; il le regarde uniquement comme une sphère abstraite en laquelle la pensée conçoit les repères auxquels elle rapporte le mouvement lent des étoiles et les mouvements propres des astres errants ; sa pensée semble, par là, très voisine de celle d'Origène.

En ces mêmes *Commentaires à la Physique d'Aristote,* composés par Simplicius, nous trouvons un peu plus loin (1) une nouvelle allusion à la précession des équinoxes et à l'orbe dépourvu d'étoiles que ce phénomène conduit à imaginer : « Les astronomes, dit Simplicius, savent qu'il existe un autre orbe privé d'astres et véritablement inerrant ; cet orbe, il est nécessaire de le placer au-dessus de l'orbe que l'on nomme communément inerrant ; ils pensent, en effet, que ce dernier orbe, qui porte un grand nombre d'étoiles, avance de l'occident vers l'orient et gagne un degré en cent ans ; ils ont donc besoin d'admettre le premier orbe, qu'il leur faut accorder à cause de la révolution d'occident en orient. »

Le *Commentaire au De Caelo* nous offre un autre

(1) Simplicii *Clarissima commentaria*... Venetiis MDLXVI. Lib. IV, cap. V, p. 233.

Simplicii *In Aristotelis Physicorum libros quattuor priores commentaria.* Berolini, 1882. Lib. IV, corollarium de loco, p. 643.

passage où Simplicius parle de la précession des équinoxes, et l'intérêt de ce passage est très grand.

Simplicius nous apprend qu'il avait assisté à des observations faites par l'astronome Ammonius dans le but de vérifier la théorie d'Hipparque et de Ptolémée ; ces observations s'étaient, en effet, trouvées conformes à la théorie.

Le commentateur d'Aristote établit un rapprochement entre le mouvement de précession des points équinoxiaux et un autre mouvement qui, au point de vue de la Géométrie, lui est tout à fait analogue, le déplacement des nœuds de l'orbite lunaire. Les points équinoxiaux, intersections de l'équateur et de l'écliptique, se déplacent comme si le plan de l'équateur tournait autour d'un axe normal au plan de l'écliptique ; les nœuds, intersections de l'orbite lunaire et de l'écliptique, se meuvent comme si le plan de l'orbite lunaire tournait autour d'un axe normal plan de l'écliptique.

Ces deux phénomènes, Simplicius montre qu'ils doivent, selon le système d'Aristote, s'expliquer d'une manière analogue ; chacun d'eux exige l'introduction d'une sphère solide mue d'une rotation uniforme.

Citons en entier ce remarquable passage de Simplicius (1). Le commentateur vient d'exposer comment, selon les théories d'Aristote, le mouvement d'un astre est l'effet du mouvement d'une sphère substantiellement existante qui contient cet astre ; il continue en ces termes :

« L'existence d'un corps céleste est également mise en évidence par ce que démontre l'Astronomie touchant le mouvement des nœuds écliptiques de la Lune et du Soleil. Ces deux astres, en effet, se meuvent sur des cercles [dont les plans sont] inclinés l'un sur l'autre ;

(1) Simplicii *in Aristotelis de Caelo commentaria* ; in lib. II, cap. VIII ; éd. Karsten, Trajecti ad Rhenum, 1875, p. 208, col. 6 ; éd. Heiberg, Berolini, 1894, pp. 462-463.

les nœuds écliptiques sont les intersections de ces deux cercles, situées aux extrémités du diamètre commun. Si les deux astres viennent en même temps au même nœud, il y a éclipse de Soleil ; s'ils se trouvent, au contraire, en des nœuds diamétralement opposés, il y a éclipse de Lune. Or, on constate que ces nœuds se déplacent d'un mouvement uniforme, en sorte que les éclipses ne se produisent pas toujours au même endroit ; d'ailleurs, on constate également que le Soleil se meut toujours suivant un même cercle qui occupe le milieu du zodiaque ; en sorte que la Lune, en même temps qu'elle se meut obliquement à ce cercle du Soleil, se meut aussi de ce mouvement propre par lequel, à des époques différentes, elle vient rencontrer le cercle du Soleil en un point différent ; elle ne se meut donc nullement suivant un cercle, mais décrit une spirale ; or cela ne saurait avoir lieu, car tout corps formé de la cinquième essence doit être mû d'un mouvement circulaire et uniforme ; la Lune décrit donc un cercle oblique et ce cercle se meut de telle sorte que les nœuds se déplacent ; mais un cercle n'existe pas par lui-même, et il ne saurait se mouvoir ; il ne peut exister qu'en une sphère, et il est mû avec cette sphère ; il existe donc certainement un ciel de la Lune et un ciel du Soleil ; et si ceux-là existent, il en existe de même qui contiennent les autres astres.

» On pourrait également appuyer cette proposition d'autres preuves plus convaincantes, pourvu que l'on se range à l'opinion de ceux qui prétendent que la sphère nommée ἀπλανὴς (1) est véritablement ἀπλανὴς, et que l'on n'admette pas l'observation faite à son sujet par Hipparque et par Ptolémée, observation selon laquelle elle se mouvrait d'un degré par siècle, et cela

(1) ἀπλανὴς = inerrante ; la sphère des étoiles fixes, mue uniquement du mouvement diurne.

en sens contraire du mouvement diurne. Dans ce cas, en effet, cette sphère se meut d'un mouvement unique, et ce mouvement est uniforme ; les astres qu'elle contient se meuvent chacun de deux mouvements, savoir leur rotation propre (1) et celle de l'Univers ; les astres errants, enfin, sont mus de trois mouvements, leur mouvement propre, le mouvement d'entraînement des sphères qui les enveloppent et le mouvement de l'Univers.

» Toutefois, alors que nous nous trouvions à Alexandrie, Ammonius, notre précepteur, observa Arcturus à l'aide de l'astrolabe solide ; il trouva que cette étoile s'était déplacée en avant de la position qu'elle occupait selon Ptolémée, et cela d'autant que l'exigeait un mouvement d'un degré par siècle en sens contraire [c'est-à-dire d'occident en orient]. Par conséquent, il serait plus vrai (ἀληθέστερον) de dire ceci : Une sphère sans astre enveloppe toutes les autres ; cette sphère dont, semble-t-il, on n'avait encore aucune connaissance au temps d'Aristote, est mue d'un seul mouvement uniforme d'orient [en occident] ; elle entraîne toutes les autres sphères en ce même mouvement. La sphère que parmi nous l'on nomme ἀπλανὴς est mue de deux mouvements, le mouvement d'orient [en occident] qui est celui de l'Univers, et un mouvement propre d'occident [en orient]. Les astres qui sont contenus en cette sphère ont ces deux mêmes mouvements et leur rotation propre. Il en est de même des sphères qui viennent ensuite et des astres qu'elles contiennent ; les sphères sont toutes mues de ces deux mêmes mouvements, les astres de ces trois mêmes mouvements. »

En ce passage d'une si parfaite clarté, Simplicius ne regarde plus le neuvième ciel comme une pure abstrac-

(1) Simplicius semble admettre ici, avec Platon, mais contrairement à Aristote, que les étoiles sont animées d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes (δίνησις).

tion, ainsi que le faisait Origène, ainsi qu'il l'avait lui-même admis en son commentaire à la *Physique*. Selon une opinion qui avait déjà cours au temps d'Origène et que Macrobe a adoptée, Simplicius entoure la huitième sphère que constellent les étoiles fixes d'une neuvième sphère sans astre ; cette dernière, mue du mouvement diurne, communique ce mouvement à tout l'Univers ; la sphère des étoiles fixes y joint le mouvement de précession qu'elle transmet à toutes les sphères inférieures.

L'hypothèse du neuvième ciel sera, au moyen âge, presque universellement adoptée par les astronomes musulmans ou chrétiens.

(A suivre.) PIERRE DUHEM.

LE BUDGET BRUT

SES INCONVÉNIENTS ET LES MOYENS D'Y PARER

L'on a réalisé en Belgique, ces dernières années, dans la manière de dresser les budgets, des réformes intéressantes, parmi lesquelles il faut classer hors pair l'affectation plus exacte des fonds d'emprunt aux dépenses destinées à l'outillage économique.

D'autres modifications s'indiquent, si l'on veut en arriver au vote d'un budget parfaitement clair, avant l'ouverture de l'année financière. La lumière est ici le *desideratum*, lumière telle que l'importance véritable des charges publiques soit mise en pleine clarté. Je voudrais, en ce qui concerne l'état présent de nos finances, une lumière si éclatante que les perspectives d'avenir même s'en trouvent éclairées.

Dirai-je que c'est une condition nécessaire pour faire de bonnes finances ? Ce serait excessif. Mais c'est une condition pour tirer de bonnes finances tout le bénéfice possible quant au crédit de l'État.

Par ce côté, la question a grand intérêt pour nous, Belges, qui empruntons de façon continue et dont la dette nominale va croissant rapidement.

A ce que nous ayons un budget clair, il est un grave obstacle, c'est la confusion du budget industriel et du budget fiscal.

Aux termes de la Constitution belge, toutes les recettes et dépenses de l'État doivent être portées au

budget et dans les comptes. Cette règle, comment l'applique-t-on ?

Toutes les recettes ordinaires se trouvent groupées au budget des voies et moyens, celles qui sont fiscales à proprement parler, et celles qui proviennent de l'exploitation du réseau ferré. Il n'est pas fait de distinction, sinon par une division de chapitres, entre deux fonctions de l'État, fonctions profondément dissemblables cependant. Car l'État perçoit l'impôt en qualité de puissance publique. Quand, au contraire, il gère une entreprise de transports, il agit en qualité d'industriel.

Les inconvénients du budget brut ne sont pas propres au budget de l'État belge. Ils sont communs aux budgets des pays et des municipalités qu'alimentent des régies pour l'établissement desquelles on a eu recours à l'emprunt, — si, bien entendu, comme c'est souvent le cas, la comptabilité admise est pareille à la nôtre.

Voici des chiffres. Ils sont relatifs au budget belge pour 1912, car c'est à la comptabilité publique de ce pays que la présente étude est relative. Le budget général (budget des voies et moyens) est de *703,882,594* francs.

Notons-le en passant, l'appellation si judicieuse du budget des recettes fiscales est peu appropriée au budget belge tel qu'on l'a dressé jusqu'à présent, car elle évoque l'idée de *moyens* de parer aux dépenses publiques, c'est-à-dire de moyens *de fiscalité*. Tel n'est pas le caractère du budget industriel.

Si nous soustrayons de ce total mal venu, puisqu'on y additionne des choses qui ne sont point pareilles, la recette du chemin de fer, le budget n'est plus que

de	fr.	703,882,594
Moins	»	322,000,000
	Fr.	**381,882,594**

De ces 700 millions de voies et moyens, l'impôt fournit sensiblement moins que la moitié, 292 millions seulement pour tous les impôts réunis, directs et indirects. Tout est compris dans cette somme de 292 millions, contributions foncières et personnelles, patentes, droits de douanes, accises, droits d'enregistrement de toutes les catégories.

Les impôts forment le premier chapitre du budget des voies et moyens. Le deuxième a gardé sa dénomination originaire, c'est le chapitre des péages. C'est là qu'on inscrivit il y a trois quarts de siècle les premières recettes du chemin de fer. Recettes brutes, tout comme aujourd'hui. Le chapitre a grossi. C'est à présent le plus important de tous grâce à la recette du chemin de fer, des postes, du télégraphe, du téléphone, de nos paquebots qui font le service d'Ostende-Douvres. Au budget de 1912 il a donné lieu à des évaluations de recettes qui dépassent 370 millions de francs.

De sorte que si nous défalquions des recettes budgétaires la totalité des péages, nous aurions

	fr.	703,882,594
Moins	»	371,925,730
	Fr.	**331,956,864**

Le budget serait dégonflé de plus de moitié.

Mais je pense qu'on ne doit tenir pour recettes industrielles que celles du chemin de fer. La recette des postes, celle du télégraphe et du téléphone ont un caractère fiscal ; elles tendent à fournir des ressources au budget, tandis que ce but est étranger à l'exploitation du réseau ferré. C'est ce qui résulte du texte formel des lois relatives au chemin de fer.

Pour les dépenses ordinaires, le gouvernement, on le sait, dresse et soumet aux Chambres, à l'état de projets de loi distincts, autant de budgets qu'il y a de départements ministériels, et en plus de ceux-ci quelques

autres budgets encore. Il n'y en a pas moins de quatorze, en ajoutant à ceux qui concernent les dépenses propres à chaque département le budget des dotations, celui de la dette publique, celui des non-valeurs et remboursements, préparés tous les trois par le ministre des finances, et, enfin, celui de la gendarmerie, que le ministre de la guerre établit en l'isolant de celui qui a pour objet la défense nationale.

Or, les dépenses de l'État industriel ne sont pas toutes inscrites au budget des chemins de fer, postes et télégraphes. On n'y fait figurer que les dépenses d'exploitation, à l'exclusion des charges financières.

Celles-ci sont portées au budget de la dette publique, budget très alourdi par ce fait. Il est pour 1912 de 198 millions de francs et il s'accroît rapidement, puisqu'il supporte la charge des emprunts contractés nécessairement chaque année par le fait du développement de l'industrie de l'État.

C'est à ce budget aussi que sont inscrits les crédits pour le service des pensions, et les pensions allouées au personnel du chemin de fer y sont comprises.

Pour la dette consolidée, notamment, il n'est pas établi de distinction *au budget* entre les dettes dont l'établissement du chemin de fer est la contre-partie et les autres.

Ici la confusion est plus grave, bien qu'il soit publié pour être présenté aux Chambres législatives un compte rendu annuel des opérations du département des chemins de fer. Conformément à sa dénomination, ce document est un compte et comme tel il a pour objet le passé, c'est-à-dire des opérations réalisées. Le budget, au contraire, concerne l'avenir : il est par définition un état de prévisions.

Les charges ainsi incorporées au budget général, alors qu'elles sont afférentes à une entreprise de transport et non à un service public, sont d'importance. Au

1er janvier 1911 le capital de premier établissement du chemin de fer était de 2731 millions de francs. Durant l'année 1910, la dernière pour laquelle le rapport officiel ait paru, l'existence de la dette dont il s'agit avait donné lieu à l'inscription au compte du chemin de fer de 93,744,000 francs de dépenses, dont 19 millions d'amortissements.

Le vrai budget de l'État, le budget fiscal proprement dit, serait donc sensiblement réduit aussi en dépenses, si l'on en séparait le budget industriel.

Résumons d'un trait ce qui précède : la comptabilité, selon les errements actuels, qui sont d'ailleurs anciens, réunit ce qui devrait être séparé, les charges de la nation et le coût de l'établissement du réseau ferré, tandis qu'elle sépare ce qui devrait être réuni, c'est-à-dire le coût total de l'exploitation du réseau, charges financières et pensions incluses.

Incontestablement ces procédés de comptabilité sont vicieux.

Le manque de clarté n'est pas leur seul défaut.

L'exploitation du chemin de fer est dans la subordination du budget général, dont l'équilibre importe avant tout : c'est là une entrave certaine à une exploitation rationnelle, dont l'autonomie est la règle.

C'est aussi une entrave à une gestion financière sévère du réseau ferré. Voici, à ce sujet, une indication de source absolument officielle et qui en dit long. L'on s'est décidé en 1905 — et l'on peut s'étonner que cette réforme n'ait pas été réalisée plus tôt — à mettre en concordance, quant au calcul des charges financières, la comptabilité du département qui préside à l'exploitation et celle de la trésorerie. Cette concordance n'est point l'accord parfait, car le département des chemins de fer, établissant les résultats de l'exploitation sans le souci des conséquences naturelles de ses obligations financières, aboutit à un bénéfice

de 31 millions, ce qui, après 74 années d'exploitation, paraît, au rédacteur même du compte rendu, plutôt *minime* (1). C'est lui encore qui nous l'apprend ; si l'on tient compte des intérêts accumulés des déficits dont le montant a été emprunté au Trésor et si l'on en déduit les soldes actifs, on arrive à un mali de 86,836,000 francs. Est-ce concluant ?

Par un juste retour des choses, le budget fiscal est sous la dépendance des résultats financiers annuels de l'exploitation industrielle. Les années de vaches grasses le mal n'est pas apparent, bien que réel : il y a recette nette et nos finances sont *brillantes*. Tout ce qui brille n'est pas or, dit un vieux proverbe. Ces plus-values par rapport aux évaluations budgétaires ou ces possibilités d'escompter, dès la préparation même du budget, un accroissement des recettes industrielles, ne sont point bonnes conseillères. Elles sont un obstacle à une gestion économe des deniers publics. C'est la mauvaise graisse du budget. Vient-elle à fondre, le budget se retrouve amoindri, débilité, et le pays est exposé au déficit.

Dans cet ordre d'idées, il suffira de citer quelques lignes de l'exposé budgétaire de 1909. M. Liebaert y disait : « Le déficit de l'exploitation des chemins de fer pour 1907 s'élève à fr. 6,811,380-28. Ce solde passif, succédant au solde actif de fr. 8,174,298-76 de 1906, marque une oscillation de fr. 14,985,679-04 ». D'une année à l'autre 15 millions peuvent manquer au budget par le fait d'une comptabilité irrationnelle.

Faut-il insister sur ce point que la cause de tout ceci est une fausse application de la règle constitutionnelle aux termes de laquelle toutes les recettes comme toutes les dépenses de l'État doivent être portées au budget ?

Au début cela n'avait point d'importance pratique

(1) Page 5 du COMPTE RENDU DES OPÉRATIONS PENDANT L'ANNÉE 1908.

immédiate. A la longue la comptabilité a perdu le contact de la réalité.

Le remède est simple. C'est du mode de dresser le budget que vient le mal. C'est ce mode de comptabilité qui doit être réformé.

Je ne m'arrête donc pas à discuter les chances de réalisation d'une réforme plus radicale : la remise de l'exploitation du réseau ferré de l'État à une ou à plusieurs compagnies fermières. Je ferai remarquer seulement que dans cette éventualité il faudrait régler l'emploi des fermages.

C'est une question analogue qui se pose, en dernier lieu, dans l'hypothèse d'une simple réforme de comptabilité.

Revenons à ce point de vue.

La réforme à réaliser, c'est simplement l'établissement distinct du budget industriel en recettes et en dépenses, les charges financières, pensions comprises, devant y figurer en face des recettes.

Le budget fiscal se trouverait ainsi allégé dans d'énormes proportions. La dette réelle seule, celle qui n'a pas de contre-partie productive d'intérêts au profit du Trésor, pèserait sur ce budget. Les charges de la dette n'y paraîtraient plus que ce qu'elles sont ; elles seraient réduites dans les mêmes et énormes proportions que la dette même. Et pour celle-ci, la dette de poids mort, comme disent les Anglais, on y regarderait de près avant d'y ajouter.

Pour toutes ces raisons nos rentes, peut-on croire, se placeraient mieux et nous emprunterions à meilleur marché.

A lui seul déjà ce résultat serait précieux.

Il n'est point lié à un remaniement des attributions administratives. Il faut, au contraire, que la gestion de la dette reste unique. Ceci ne fait pas obstacle à ce que l'on dresse des tableaux appropriés à la comptabilité

budgétaire nouvelle, destinée seulement à présenter à la législature et au pays, dans des conditions différentes de celles d'aujourd'hui, les prévisions budgétaires.

LA VACHE A LAIT DU BUDGET

Un des inconvénients de la comptabilité actuelle, c'est d'avoir créé la légende selon laquelle le chemin de fer serait la vache à lait du budget.

Si l'on tient à user d'une comparaison dont l'espèce bovine fournisse les éléments, il serait plus exact de dire que les résultats de l'exploitation, au cours de l'histoire déjà longue du chemin de fer de l'État, peuvent être figurés alternativement par des vaches grasses et des vaches maigres. Les maigres seraient aussi nombreuses, et l'on verrait que, tout comme dans le songe du Pharaon, les vaches grasses sont dévorées par les vaches maigres. Et, si cette vision biblique contredit tout ce que nous savons du régime alimentaire des bovidés, elle peut néanmoins représenter d'une manière expressive les résultats statistiques de la gestion du réseau ferré.

Bref, si ancrée que soit dans le public l'idée que l'exploitation des chemins de fer est pour l'État la source de gros bénéfices, il n'en est pas de plus fausse.

En considération de ceci, que les lecteurs plus avertis m'excusent de présenter ici des considérations et des chiffres par lesquels je paraîtrai à d'aucuns me livrer à l'exercice assez vain d'enfoncer des portes ouvertes.

Et tout d'abord, selon quel principe financier est géré le réseau ?

On peut concevoir l'exploitation du chemin de fer comme un moyen de fiscalité, on pourrait aussi, mais cette vue est toute théorique, le gérer comme un ser-

vice public, demeurant, au moins pour partie, une charge de la nation. Entre ces deux partis extrêmes nos législateurs choisirent un moyen terme. Quand il s'agit de créer le chemin de fer, ils acceptèrent les vues du gouvernement d'alors et inscrivirent dans la loi que le chemin de fer ne serait ni une charge pour le pays ni une source de recettes nettes pour le budget.

Il faut citer les textes.

Article 5 de la loi du 1er mai 1834 (1) : « Les produits de la route provenant des péages, qui devront être annuellement réglés par la loi, serviront à couvrir les intérêts et l'amortissement de l'emprunt, ainsi que les dépenses annuelles d'entretien et d'administration de la nouvelle voie. »

Article 4 de la loi du 12 avril 1835 concernant les péages et les règlements de police sur les chemins de fer : « Le produit des péages sera versé au Trésor pour servir aux dépenses d'entretien et d'administration de la route, ainsi qu'au remboursement des intérêts et des capitaux affectés à sa construction. »

Par la suite, M. Nothomb, ministre des travaux publics, dans un rapport présenté à la Chambre des représentants le 26 novembre 1838, précisait en ces termes le point de vue des pouvoirs publics : « Considérer le chemin de fer comme un établissement qui ne doit être ni une charge ni un moyen fiscal et exiger simplement qu'il couvre ses dépenses. »

Le ministre ajoutait : « Il faut que les recettes réelles ne soient pas inférieures aux dépenses réelles : le chemin de fer a rempli ses engagements du moment qu'il a produit de quoi pourvoir à son entretien et à son exploitation, ainsi qu'à l'intérêt des capitaux d'établissement ; son obligation consiste à rendre au Trésor

(1) Le Bulletin des lois la définit en ces termes : Loi qui ordonne l'établissement d'un système de chemins de fer en Belgique.

la somme qu'il prend au budget des dépenses et à acquitter l'intérêt de l'emprunt que l'État a garanti. »

Ces textes, M. le ministre Helleputte a tenu à les rappeler dans la note préliminaire du compte rendu des opérations du chemin de fer pendant l'exercice 1908. Il dit de son côté : « Telle était, dès l'origine, et telle doit être encore la conception de l'exploitation du chemin de fer. »

Il faut citer les textes, disais-je. Mais la lettre d'un texte est peu de chose. Il faut voir l'esprit.

Dans quel esprit est géré le chemin de fer ?

La clientèle devient de plus en plus exigeante : service plus intense, confort plus grand, tarifs plus réduits. Qu'il s'agisse des voyageurs ou des marchandises, voilà ce que les clients de l'État-industriel et entrepreneur de transports attendent de lui.

Quant à majorer les tarifs, il n'y faut songer, si l'on n'est décidé à subir les réclamations les plus vives. C'est chose certaine, quelle que soit la catégorie des tarifs auxquels on voudra toucher, des intérêts seront menacés et les intéressés protesteront. Le monopole dont jouit l'État ne signifie pas qu'il peut augmenter à sa fantaisie les prix de l'utilité qu'il vend au public. Tel est le fait. Ce que l'État peut en théorie et selon la légalité, il ne le peut pas en réalité.

Considérez d'autre part qu'on lui demande sans répit d'améliorer la situation du personnel, du personnel ouvrier ; qu'il a, à cette fin, ajouté ces dernières années un bon nombre de millions à ses dépenses et que c'est comme si rien n'avait été fait ; qu'on demande de nouvelles majorations des traitements et des salaires. Où donc voudriez-vous que l'État trouvât l'occasion de tirer de la régie des avantages financiers importants ?

Il y a bien encore l'administration du réseau. Mais le stimulant de l'appât du gain manque aux administrateurs. Ce sont des fonctionnaires plus préoccupés, par

la nature même de leur activité, des règlements et des responsabilités de l'ordre administratif que d'une exploitation économique. Je ne fais ici nulle critique, je constate. Il est dans la nature des choses que telle soit la mentalité de l'Administration !

On sait d'ailleurs que tout augmente, et cela est tout particulièrement exact du prix du charbon, denrée dont le chemin de fer fait une énorme consommation.

Veuillez bien remarquer qu'il a été question seulement jusqu'ici du rendement réel de la régie et non de ce qu'elle pourrait rendre si chacun des services qu'elle rend était payé. Que de transports gratuits ou à prix réduits sont effectués par le chemin de fer ! Qu'il me suffise de renvoyer au livre de M. Mahaim sur les abonnements d'ouvriers au chemin de fer. Multipliez par le nombre de jours ouvrables celui des ouvriers que le chemin de fer transporte chaque jour : on aboutit à des chiffres importants. Autant de bénéfices possibles en théorie, autant de causes qui influent sur le rendement... pour le réduire (1).

Autre chose encore : l'administration du chemin de fer, en considération, semble-t-il, du caractère purement comptable de l'amortissement afférent au coût du réseau de l'État, porte au compte d'exploitation, c'est-à-dire au budget ordinaire des dépenses, le remplacement de toutes les unités mises hors d'usage, locomotives, wagons, etc. On réalise ainsi un amortissement bien réel celui-là ; car la locomotive nouvelle qui remplace une locomotive ancienne vaut davantage que celle-ci. La valeur en capital du chemin de fer avec ses approvisionnements en est accrue, sans charge pour les budgets à venir. Cela est tout à fait bien, mais il y a là

(1) Sur cette distinction entre le revenu effectif du réseau ferré et le revenu qu'il pourrait donner, voir le livre de M. de Litwinski : *La question de la situation financière des chemins de fer de l'État belge*. Goemaere éditeur, 1911.

un motif de plus pour que le chemin de fer ne puisse pas être la vache à lait du budget des voies et moyens.

Et maintenant voyons les chiffres, les chiffres officiels, ceux qui résument la gestion selon le département des chemins de fer et ceux qui la résument d'après le département des finances.

Que nous dit l'administration du réseau ?

Elle nous dit notamment que le coefficient d'exploitation — pierre de touche de ce que l'exploitation peut rendre, — elle nous dit que depuis nombre d'années ce coefficient tend à s'élever, à travers des variations inévitables. En d'autres mots, elle nous dit que les bénéfices tendent à se réduire.

Elle nous montre les recettes brutes du trafic en accroissement considérable, rapide... mais le tableau des soldes, en ce qui concerne les dernières années, est moins brillant.

Ce tableau des soldes est des plus instructif.

Pendant les vingt premières années (approximativement) le chemin de fer coûta plus qu'il ne rapporta. A partir de 1852 le solde *passif* se réduit, pour disparaître dix ans après. Pendant dix ans encore la situation va s'améliorant jusqu'au solde actif de 1872. Ce solde, résultat de près de quarante années de gestion, est d'environ 28 millions de francs. Mais trois ans après il a disparu, mangé par les vaches maigres ! En 1886 le passif du réseau est à son apogée historique : 77 millions, que les vaches grasses vont engloutir, heureusement. C'est fait en 1898 ; en 1906 est atteint le plus haut solde actif de l'histoire de notre réseau : il est d'environ 43 millions, que nous trouvons réduits à 24 millions après trois ans. L'année 1910, chacun le sait, a été une année d'heureuse gestion: les évaluations budgétaires ont été sensiblement inférieures à la recette réalisée.

Vous me direz qu'en fin de compte, toutes charges financières déduites — et elles sont lourdes, - la gestion laisse un bénéfice. Vint-huit millions après 76 ans (1), c'est à peine quelques centaines de mille francs par an ! Vous avouerez que la prétendue vache à lait n'est pas bonne laitière !

Mais voici bien autre chose. Dans ses tableaux statistiques l'administration technique, celle du département des chemins de fer, ne compte comme charges financières que les intérêts et l'amortissement du capital de premier établissement. Ceci, au surplus, ne représente pas beaucoup moins que 100 millions. En 1910 les intérêts figurent aux tableaux pour 74 millions 584 291 fr. et l'amortissement pour 19 163 819 fr. On arrive au total de 100 millions en tenant compte de la part de charges afférente aux lignes des compagnies concessionnaires dont l'exploitation est faite par l'État.

C'est d'après ces chiffres, soustraits de la recette brute, qu'on établit les soldes annuels et les soldes accumulés de l'exploitation.

Le Trésor, c'est-à-dire l'administration des finances, établit différemment les comptes. Cette administration considère le Trésor comme le banquier du chemin de fer : elle établit, en conséquence, un compte d'intérêts qui vient modifier sensiblement les soldes dont il a été fait état jusqu'ici. D'après cette manière de calculer, — les soldes accumulés de la gestion du chemin de fer laissent le Trésor créditeur de 94 1/2 millions de francs à la fin de 1910.

Veut-on se rendre compte de plus près des différences que détermine l'intervention dans les calculs de ce compte courant ?

Alors qu'abstraction faite des intérêts de banque le solde passif de la régie est de 30 millions en 1852 et a

(1) D'après les évaluations provisoires inscrites au compte rendu pour 1910.

disparu en 1862, selon la comptabilité du Trésor-banquier du chemin de fer, le solde passif dépasse 40 millions en 1852 et se trouve dix ans après être encore d'une trentaine de millions.

En 1872, d'après la comptabilité du chemin de fer, le solde actif est de près de 28 millions, tandis que selon la comptabilité du Trésor la régie est débitrice envers lui.

En 1886, date à laquelle le chemin de fer accuse le passif le plus élevé, 78 millions de francs, le Trésor l'évalue à 139 millions environ.

A la fin de 1910 l'administration du chemin de fer inscrit à ses tableaux statistiques un solde *actif* de *28 000 000 francs* (d'ailleurs en réduction de 15 millions sur celui de 1906), tandis que l'hypothèse de l'existence d'un compte courant d'intérêts avec le Trésor amène à inscrire dans les documents officiels un solde *passif* de *94 1/2 millions de francs*.

Ainsi comprise, la gestion du chemin de fer laisse l'impression d'avoir connu parfois le passage de vaches grasses, mais celles-ci ont été mangées, si j'ose dire, par le compte courant d'intérêts du Trésor.

Ce compte d'intérêts de banque, je le sais bien, n'est qu'un compte. (Le prote voudra bien ne pas écrire un conte). Je veux dire : il n'est qu'une écriture.

En fait, le Trésor reçoit toute la recette du chemin de fer et pourvoit à toutes les charges : charges d'exploitation et charges financières.

Cela fait, chaque année il se trouve constater soit un déficit, soit un solde actif. Ce solde actif a rarement dépassé 10 millions de francs : cinq fois jusqu'en 1910 inclusivement. Le plus haut solde fut celui de 1899 : il atteignit presque 13 millions, qui se trouvèrent absorbés par les soldes débiteurs des deux années suivantes. Puis vinrent des vaches grasses : 40 millions de bénéfices en cinq ans, dont la moitié fut reperdue de 1907

à 1909. Le solde annuel de la régie du chemin de fer est donc tout autre chose qu'un facteur d'équilibre budgétaire.

IL FAUT RÉALISER LA SÉPARATION DU BUDGET INDUSTRIEL ET DU BUDGET FISCAL

La comptabilité publique, nous l'avons vu, selon les errements actuels, gonfle outre mesure les budgets : les budgets des dépenses et le budget des voies et moyens.

Le budget des voies et moyens se trouve accru de toute la recette brute du chemin de fer (près de 300 millions au budget pour 1911 et 322 millions au budget pour 1912), alors que cette recette est absorbée, même dans les meilleures années, à peu près, par les frais d'exploitation et les charges financières du chemin de fer.

Les budgets des dépenses sont aussi démesurément accrus. Plus de 200 millions figurent en dépenses au budget de cette année pour l'exploitation du réseau ferré, alors que cette dépense est couverte par les recettes qu'elle détermine. D'autre part, une centaine de millions de moins figureraient au budget de la dette publique si les charges financières du réseau n'y étaient confondues avec les charges publiques réelles, celles qui résultent de l'existence de cette partie de la dette nationale qui n'a pas pour cause le chemin de fer.

C'est pourquoi la dette paraît si lourde, beaucoup plus lourde qu'elle n'est, paraît lourde alors qu'elle est légère en réalité ! En effet, le chemin de fer fournit chaque année, en ce qui concerne les charges de la

dette, un apport énorme : cent millions de francs approximativement (1).

Il y a donc, à rendre notre comptabilité budgétaire plus claire, une raison de crédit. Notre presse, et surtout celle de l'étranger, confond trop souvent notre dette nominale et notre dette réelle, et nous attribue un endettement qui n'existe pas.

Le crédit du pays, c'est bien clair, dépend des charges qui pèsent sur ses contribuables. La valeur intrinsèque des titres de la dette est liée à la richesse du pays, et celui-ci est d'autant plus riche et plus solvable qu'il a moins de charges. Car de lourds impôts sont une entrave à l'essor économique, et les Belges sont, au point de vue de l'impôt, extrêmement favorisés. Jugés par comparaison avec ceux des autres pays, nos impôts sont légers, impondérables presque. C'est une situation privilégiée dont notre crédit à l'étranger ne bénéficie pas, et j'attribue cet état de choses pour une large part à la manière confuse dont est dressé le budget des charges de la dette.

A ces motifs de mettre fin à la confusion budgétaire ou, tout au moins, d'y apporter quelque remède on en pourrait ajouter d'autres. Je me borne à indiquer deux ordres d'idées.

Le parlement vote chaque année, avec une absence presque complète de discussion et de contrôle législatif (2), un très gros budget extraordinaire, où sont englobés les crédits pour le chemin de fer et les autres crédits extraordinaires, ceci couvrant cela. L'opinion

(1) Il est donc bien la vache à lait, le chemin de fer ? Mais non. Le chemin de fer est une entreprise dont le capital est représenté par des obligations. Le service des intérêts et de l'amortissement de ce capital absorbe à peu près les bénéfices ; c'est tout naturel. L'État ne gagne ni ne perd quand l'équivalence est exactement réalisée ; la différence entre les bénéfices et les charges lui est, selon le cas, profit ou perte, et nous avons vu que le profit, bon an mal an, si profit il y a, n'est pas grand'chose.

(2) Ceci est hors de conteste.

aurait plus de chances d'obtenir un contrôle sérieux, il me semble, si la séparation était faite, si les dépenses extraordinaires pour les services publics — dont le pays paiera les frais — étaient isolées de celles auxquelles l'extension du trafic du chemin de fer pourvoira.

Donc, meilleure gestion des deniers publics.

Enfin, isolée elle aussi, la régie du chemin de fer verrait ses résultats mis en lumière, on pourrait discuter les éléments de ses bilans (au sens exact du mot). Les administrateurs du réseau — le ministre et ses collaborateurs — seraient dans une situation bien meilleure pour proposer et faire aboutir les réformes de bonne administration, pour s'opposer aux demandes tendant à compromettre une gestion rationnelle, qu'elles viennent de la clientèle ou du personnel.

LA SOLUTION LÉGISLATIVE

L'idée de séparer le budget proprement dit de l'État et la comptabilité du chemin de fer n'est pas nouvelle.

Elle paraît mûre.

Il y a un an la section centrale de la Chambre des représentants qui fit rapport sur le budget des voies et moyens pour l'exercice 1911 invitait son rapporteur, M. Levie, aujourd'hui ministre des finances, à exposer la question.

M. Levie déféra à ce désir : le rapport présenté par lui au nom de la section centrale est un exposé clair et élégant.

L'auteur rappelle d'abord que depuis longtemps, dans les sections comme à la Chambre, l'on a préconisé à de fréquentes reprises l'autonomie financière des chemins de fer de l'État.

Il expose l'organisation actuelle, selon laquelle l'État garde les bonis éventuels et comble les déficits.

Il résume la procédure parlementaire et budgétaire, selon laquelle ce qui concerne le chemin de fer est disséminé en quatre ou cinq budgets :

Aux voies et moyens figurent les recettes présumées du chemin de fer ;

Au budget des chemins de fer les dépenses d'exploitation ;

Au budget des recettes et dépenses pour ordre la part des compagnies ;

Au budget de la dette publique les pensions, les annuités, l'intérêt et l'amortissement de la dette nationale, globalement, sans qu'on fasse de distinction entre la dette du chemin de fer et l'autre partie de celle-ci ;

Au budget des recettes et des dépenses extraordinaires sont prévues les dépenses relatives à l'extension du chemin de fer.

Ces budgets ne sont ni présentés, ni discutés, ni votés tous à la fois.

Le budget ordinaire est présenté au début de la session.

Le budget des voies et moyens est voté à la fin de l'année, habituellement quelques jours avant que s'ouvre la nouvelle année financière, au mois de décembre.

Les budgets de dépenses sont votés au cours de la session, souvent quand plus de six mois de l'année sont écoulés.

Le budget extraordinaire est présenté au cours de la session et voté les tout derniers jours.

Quant au compte du chemin de fer, les membres de la législature le reçoivent à la fin de l'exercice suivant, environ un an après que l'année est écoulée. Le dépôt de ce document, d'après la loi du 1er mai 1834 organique du chemin de fer, devrait être effectué au plus

tard le 1er juillet, mais la loi de 1846 organique de la comptabilité de l'État porte que les opérations d'un exercice ne sont clôturées que le 31 octobre de l'exercice suivant. Bref, la distribution se fait habituellement en décembre.

Ce compte, dont nul, écrit le rapporteur, ne songe à contester les éléments et les chiffres, est en bien des choses fictif.

Fictif le compte d'intérêts et d'amortissements.

Fictif le compte courant d'intérêts entre le chemin de fer et le Trésor.

Il faut sortir de la fiction pour entrer dans la réalité.

Celle-ci est ainsi définie par M. Levie :

« La réalité, c'est la séparation radicale entre les recettes et dépenses du chemin de fer, les recettes et dépenses de l'État ; c'est la distinction entre la comptabilité du chemin de fer et le budget de l'État-pouvoir. »

Le budget de l'État-pouvoir, délesté de tout ce qui concerne le chemin de fer, serait, à cela près, dressé comme à présent : il resterait un tableau de prévisions. Du moins le rapporteur l'admet-il implicitement.

Mais pour le chemin de fer, ce qui importe, c'est un compte de gestion, de faits acquis, de résultats définitifs. L'État industriel doit procéder comme procéderaient les compagnies industrielles.

En conséquence, l'honorable rapporteur préconise une réforme législative et indique comment la loi pourrait organiser cette comptabilité nouvelle.

Au commencement de chaque année le ministre des chemins de fer soumettrait aux Chambres un compte en deux parties.

Première partie : les prévisions. Recettes. Dépenses, y compris toutes les charges. Chapitre spécial concernant les dépenses extraordinaires.

Deuxième partie : un bilan et un compte de gestion pour l'exercice ayant pris fin le 31 décembre précédent.

Le bilan donnerait la situation active du chemin de fer, résultant d'un inventaire, et sa situation passive, c'est-à-dire la partie de la dette publique qui lui incombe.

Le compte de profits et pertes comprendrait les recettes et, en regard, les dépenses, charges diverses et amortissement.

S'il y a boni, c'est au chemin de fer à le garder et à l'utiliser, soit en constituant un fonds spécial, soit en l'affectant à des dépenses d'extension.

S'il y a mali, le Trésor en fera l'avance, à charge de restitution effective.

Il y aurait donc désormais un quatrième budget autonome, qui prendrait place à côté du budget ordinaire, du budget des recettes et dépenses extraordinaires et du budget des recettes et dépenses pour ordre.

Le rapporteur conclut qu' « on y verrait plus clair ». Tel est, en effet, le but à atteindre.

En terminant son exposé, M. Levie signale tout particulièrement ceci, qu'il n'y aurait plus de malentendu sur la nature de notre dette publique, et encore cela, que la séparation des finances et des comptabilités donne des garanties que n'assure pas leur confusion.

M. Liebaert était encore ministre des finances quand fut déposé et discuté le rapport de la section centrale. Il n'était point partisan de l'autonomie financière du chemin de fer et aucune suite ne fut donnée aux suggestions si intéressantes du rapporteur. Devenu ministre, celui-ci a dressé le budget de 1912 en se conformant aux lois existantes. En supposant qu'il présente un projet de loi à bref délai, on ne peut espérer que ce projet soit voté au cours de cette session. Il faut donc renoncer aussi, en ce qui concerne le budget de 1913, à le voir dresser selon une méthode nouvelle.

N'y a-t-il rien à faire en attendant ?

LES CHARGES FINANCIÈRES DU CHEMIN DE FER

Qu'on poursuive l'autonomie du chemin de fer ou qu'on tende seulement à améliorer les méthodes de la comptabilité publique, il faut au préalable déterminer les charges financières du chemin de fer.

Par ces charges on entend les sommes qui doivent être affectées chaque année au service de la dette contractée par l'Etat pour créer et développer le réseau ferré, notamment pour le rachat des concessions jadis octroyées à des compagnies privées.

Selon le système de comptabilité en vigueur, les charges financières du chemin de fer figurent dans les comptes, mais elles ne sont pas inscrites au budget de façon apparente : elles y sont confondues avec les autres charges de la dette publique. A ce budget de la dette ne figurent, de façon à ce qu'on puisse les y retrouver, que les annuités qui ont été le prix de rachat de certaines concessions.

Les charges financières figurent au compte rendu de l'année 1910 pour 93 744 111 francs.

Elles se décomposent ainsi :

Dette consolidée :	Intérêts. . . .	fr.	62 372 351-53	—
	Amortissement .	»	15 188 202-28	—
	Total.	»	—	74 580 291-63
Annuités de rachat :	Intérêts. . . .	»	12 207 940-10	—
	Amortissement .	»	3 975 617-09	—
	Total.	»	—	16 183 557-19

Il n'y aurait donc pas à résoudre de problème vraiment nouveau pour réaliser un budget industriel en recettes et en dépenses. Il suffirait de dresser le budget dans des conditions analogues à celles selon lesquelles le compte rendu est établi, si d'ailleurs celles-ci sont satisfaisantes.

Quelle est la dette du chemin de fer ?

Quelles charges annuelles résultent de cette dette ?

Cette deuxième question peut être subdivisée, car ces charges comprennent des intérêts et un amortissement. Il faut encore remarquer que la dette n'est pas représentée tout entière par des titres de rente, mais qu'elle consiste pour partie en annuités.

Enfin, on peut comprendre parmi les charges *financières* annuelles les pensions : c'est la dette viagère à côté de la dette perpétuelle et de la dette remboursable par annuités.

L'étude des charges financières, ainsi comprise, est ramenée à ses éléments principaux.

A première vue, on peut s'étonner que des hésitations et, surtout, des manières de voir profondément divergentes au sujet de ces questions soient possibles.

La raison foncière de ceci doit au préalable être exposée.

Une supposition : chaque fois que le chemin de fer a eu besoin de ressources, la trésorerie a fourni l'argent, sans avoir à l'emprunter ou en l'empruntant invariablement au pair. Supposons encore que, lors de chaque prêt, l'intérêt ait été fixé pour ce prêt. Si les choses s'étaient passées ainsi, il n'y aurait nulle difficulté. *Mais les choses ne se sont point passées ainsi et n'ont pu se passer ainsi.*

Le plus souvent il a fallu emprunter soit en créant de la rente perpétuelle, soit encore en créant des bons du Trésor.

Laissons de côté le second cas, car ces bons du Trésor ont dû être payés par la suite au moyen des ressources ordinaires du budget ou par une consolidation, ce qui nous ramène au premier cas.

C'est celui où le Trésor, pour prêter un capital au chemin de fer, l'a acheté en échange de titres de rente perpétuelle, c'est-à-dire en s'engageant à payer non un capital, mais des arrérages périodiques.

Dans la pratique courante on appelle ces arrérages

des intérêts, et ce terme inexact donne une vue inexacte des choses. Au mot intérêt correspond le mot capital. De là nous imaginons faussement que le Trésor, prêteur au chemin de fer d'un capital qu'il a emprunté, est débiteur d'un capital équivalent. Or, cela est faux dans le cas habituel, celui où l'opération de prêt au chemin de fer a pour contrepartie l'émission de titres de rente perpétuelle.

Les conceptions fausses à ce sujet sont d'autant plus répandues que la terminologie la plus officielle les ancre dans les esprits. Au budget de la dette publique les arrérages de la rente sont dits *intérêts*. Nous y lisons les mots *intérêts du capital en circulation, intérêts du capital amorti,* autant d'expressions qui, si elles ne sont pas vicieuses, du moins manquent de rigueur juridique et technique.

Même la terminologie de la situation générale du Trésor public, tableau officiel dressé chaque année par le ministre des finances, n'est pas à l'abri de toute critique : elle ne marque pas avec assez de netteté le caractère de la dette consolidée. Je lis, par exemple, dans le compte rendu officiel que la situation de la dette consolidée au 1r janvier 1910 était au total, par addition des dettes des divers types, de fr. 3 580 859 750-56. Quelle idée me ferai-je de la dette après cette lecture ? J'imaginerai erronément qu'à la date indiquée l'endettement de la Belgique correspondait à une dette *en capital* de 3 580 millions approximativement.

J'ai dit que la terminologie du document officiel n'était pas irréprochable. Elle est moins fâcheuse que celle du budget, car, si je continue ma lecture, je trouve cette indication que la dette en 1910 s'est accrue d'un capital *nominal* de 123 504 600 fr., qu'on ajoute à la dette telle qu'elle existait au 31 décembre de l'année précédente. Il s'agit donc de capitaux *nominaux*, exprimant en capital des rentes perpétuelles, et il ne s'agit

pas de capitaux *dus*. C'est le clair obscur dans la terminologie, ce n'est pas la lumière éclatante.

Bref, telle année le Trésor s'est procuré des capitaux pour les mettre à la disposition du chemin de fer — 45 millions, par exemple, — moyennant la création de titres de rente 3 p. c. dont l'émission a accru nominalement de 50 millions de francs la dette publique.

Comment s'établira le compte entre le Trésor et le chemin de fer, tant pour le capital que pour les intérêts?

Pour le capital, le Trésor débitera le chemin de fer des sommes qu'il lui remet, et cela doit être ainsi. Dans l'exemple, l'Etat n'a pas contracté une dette de 50 millions, et ce n'est pas 50 millions que le chemin de fer reçoit.

Voici néanmoins une discordance, tout au moins en ce qui concerne l'expression en capital de l'endettement de l'État et la dette du chemin de fer qui y correspond.

A cette discordance s'en vient ajouter une autre. L'intérêt dû par le chemin de fer au Trésor ne sera pas, ne pourra être l'intérêt nominal du capital nominal émis. Il faudra déterminer l'intérêt de façon à atteindre la réalité. Supposons l'émission de rentes 3 p. c. au cours de 90. L'intérêt vrai sera 3,33 p. c. Mais comment calculer cet intérêt ? Sera-ce pour chaque opération, chaque remise de fonds au chemin de fer? Il n'en est pas ainsi. Des remises de fonds ont lieu d'ailleurs à l'aide de fonds provenant des ressources budgétaires autres que l'emprunt ou moyennant l'émission de bons du Trésor. D'intérêts *payés* il n'y en a pas, mais la comptabilité en calcule un, ainsi que je vais l'expliquer.

Ce qu'il faut ici, c'est tendre au minimum de fiction.

D'autre part, si l'on arrive à serrer la vérité de près, il convient de se tenir pour satisfait. L'approximation en pareille matière peut suffire, sans qu'il y ait lésion pour qui que ce soit. Lorsqu'on parle des relations du Trésor et du chemin de fer, l'un créancier,

l'autre débiteur, une fois de plus se produit la piperie des mots. Le compte du chemin de fer et du Trésor n'est qu'une écriture. Créancier et débiteur sont un même être juridique, l'État. L'avance du Trésor au chemin de fer ne fait pas naître les obligations juridiques normales du débiteur envers un créancier qui n'est pas le débiteur lui-même. Il se produit ici le phénomène de la confusion des dettes. Pour cette raison il y aura toujours quelque fiction dans la comptabilité publique. On n'y échapperait qu'en faisant — par la loi — de l'administration du chemin de fer une personne morale distincte de l'État, et cette réforme-là donnerait lieu à une objection très grave, parce qu'elle ruinerait un principe de grande importance économique, que j'appellerai, faute d'une expression meilleure, l'unité de la dette publique.

Quoi qu'il en soit de tout ceci, on a peine à croire — le vrai peut quelquefois n'être pas vraisemblable — qu'à aucune époque, pendant de longues années, le département des chemins de fer n'a suivi, pour l'exposé de la situation financière, des règles identiques à celles de la trésorerie.

Bien entendu, on se conformait de part et d'autre rigoureusement à la loi de comptabilité, ainsi que le constate l'auteur de la note préliminaire publiée en tête du compte rendu pour 1905.

Même il explique cette absence de concordance en mettant en cause l'auteur même de la loi de 1834, M. Charles Rogier. Dans les premiers comptes rendus, en effet, il est fait totalement abstraction de l'intérêt et de l'amortissement.

Par la suite, l'administration du chemin de fer dressa des sortes d'examens de conscience financiers, où elle décomposa la somme des recettes brutes encaissées par l'État, effort de comptabilité louable, mais simples tra-

vaux d'écriture néanmoins, attendu que ces travaux étaient fondés « sur des éléments dont il n'entre pas dans les attributions légales du département des chemins de fer de tenir comptabilité ».

Je cite ici le texte officiel.

Il convient de compléter l'explication.

L'administration du chemin de fer a encore bien moins dans ses attributions l'exécution des obligations financières que leur comptabilité : il est totalement étranger au paiement des intérêts, à la réalisation de l'amortissement, etc. Et cela doit être ainsi.

Que conclure de tout ceci ? Ce qu'on a enfin compris *de façon effective* lors de la rédaction du compte-rendu pour 1905. On s'est décidé à réaliser la concordance des écritures et l'on s'en est rapporté à celles de la trésorerie. Du moins, on a eu égard aux principales causes du défaut de concordance et l'on s'est employé à les faire disparaître. A-t-on réalisé l'accord parfait ? Quelques chiffres reproduits ci-dessus, d'après le compte rendu des opérations du chemin de fer, répondent à cette question.

Ce qui importe, au surplus, c'est que la part des charges annuelles de la dette totale à laquelle pourvoit la recette du chemin de fer soit rendue apparente dans le budget même.

Et c'est ce côté de la question — les charges annuelles en intérêts et amortissements — que je vais exposer.

Quelle est la dette du chemin de fer, ou quelle était cette dette à telle date déterminée ?

La réponse à cette question n'est pas si simple.

Du capital affecté au premier établissement une partie a été amortie, c'est certain. Quelle partie ?

Où est la difficulté ?

Les amortissements sont inscrits dans les comptes, mais ils ne sont qu'une écriture. Entendez-moi bien :

je n'en nie pas la réalité, mais celle-ci n'est pas exactement saisissable. La dette de l'État est *une*, et l'amortissement se fait au moyen de l'ensemble des ressources budgétaires pour toute la dette constituée en rentes 3 %, sans distinction entre la dette propre au chemin de fer et le reste de la dette. Voilà en quel sens il est vrai de dire que l'amortissement du réseau résultant de l'inscription au compte du chemin de fer d'une dotation d'amortissement n'est qu'une écriture. L'État perçoit la totalité de la recette brute du chemin de fer et pourvoit au service de toute la dette publique ; le reste est fictif.

D'autres éléments interviennent encore qui compliquent la question de la détermination exacte de la dette du chemin de fer, tels les soldes de chaque campagne industrielle, tel le compte courant du Trésor avec le chemin de fer.

« Le capital productif d'intérêts pendant chacune des années est déterminé par le capital engagé au 31 décembre de l'année précédente (amortissement déduit), augmenté de la moitié des dépenses échelonnées sur les douze mois de l'année courante (1). »

D'après les documents officiels, le capital de premier établissement du chemin de fer était de 2 731 076 536-59 francs à la fin de l'exercice 1910.

Le *capital utile* à la même époque était de 2 612 488 996-93 fr. Le capital utile est celui qui représente le coût réel du réseau exploité et de son armement. Pour le déterminer on déduit du capital de premier établissement les sommes liquidées pour les lignes et travaux en cours d'exécution (118 587 539-66 fr.) et les sommes sorties de l'actif à titre d'amortissement indirect, à la suite d'aliénation d'immeubles notamment (environ 11 000 000 fr.).

(1) Compte rendu pour 1905, note préliminaire.

D'après les mêmes documents, le Trésor a disposé pour l'amortissement depuis la création du chemin de fer, de 370 000 000 fr. prélevés sur la recette du chemin de fer, y compris les amortissements indirects.

Cette somme se décompose ainsi :

Pour la dette consolidée . .	297 158 234-57 fr.
Pour les annuités	61 818 739-88 »
Amortissements indirects . .	11 088 061-18 »

A la fin de 1910, il restait à amortir 2 361 011 500-96 fr.

Pendant cette même année le capital soumis aux charges financières a été le capital non amorti à la fin de 1909, soit 2 342 635 218-85 fr., augmenté, ainsi qu'il a été dit, à raison des dépenses de l'année courante.

Les charges financières comprennent encore, comme l'un des éléments de la dotation d'amortissement, les intérêts à 3 % des *capitaux* amortis (1).

Les intérêts sont maintenant calculés au taux réel résultant des diverses opérations effectuées par le Trésor pour l'émission des emprunts contractés depuis l'origine du chemin de fer. Les intérêts des capitaux effectifs sont fixés, année par année, en tenant compte de la fluctuation du loyer de l'argent, ce qui fait varier l'intérêt moyen annuel de 4,90 % à 3,11 % (2).

Jusqu'en 1905 le taux des intérêts avait été calculé à 4 % pour la période de 1835 à 1886, à 3 1/2 % de 1885 à 1896, à 3 1/4 % de 1897 à 1900 et à 3 % à partir de 1901. C'étaient là des approximations et, pour la période antérieure à 1878, des rectifications d'écritures, car les comptes rendus antérieurs à 1878 étaient écrits selon la formule Sainctelette, appliquée à partir de 1887 en tenant compte de la réduction successive du taux de l'intérêt.

(1) *Capitaux*, c'est le terme qui figure au compte rendu. Il s'agit de l'amortissement d'une partie de la dette consolidée. Il pourra m'arriver d'employer aussi, par la suite, les mots *capital* et *intérêt* à propos de la rente et des arrérages de la rente. On sait comment il faut les entendre.

(2) Compte rendu pour 1905, note préliminaire.

Voyons par les chiffres la portée de la réforme de M. Liebaert. Au compte rendu pour 1905 les intérêts de la dette consolidée inscrits comme charge financière de 1904 sont de 50 296 381-09 fr. Au compte rendu pour 1904, ils étaient confondus avec les intérêts compris dans les annuités de rachat. La charge totale en intérêts était de 59 579 173-42 fr. Celle-ci, au compte pour 1905, en ce qui concerne l'année 1904 bien entendu, est de 61 620 781-94 fr.

La différence des deux comptabilités est plus frappante encore si l'on compare les résultats d'ensemble, déterminés, bien entendu, par les diverses modifications de la comptabilité.

La comptabilité selon la méthode antérieure à celle qu'inaugure le compte rendu pour 1905 constate que les soldes de caisse (1), passif déduit, accumulés à la fin de 1904 sont de 164 815 733-13 fr.

Au compte rendu pour 1905 les soldes accumulés (on a renoncé au mot *caisse*) sont évalués à 27 349 160-33 fr. La différence est notable, plus de 137 millions de francs.

Enfin, si j'ouvre les comptes rendus tels que les a fait dresser M. Helleputte, c'est-à-dire avec l'adjonction du tableau des soldes dans l'hypothèse d'un compte courant d'intérêts avec le Trésor, considéré comme banquier du chemin de fer, je vois qu'à la fin de 1904, dans cette hypothèse, le solde de la gestion du réseau ferré est un solde passif de 86 250 861-19 fr.

Au moment où M. Liebaert réalisa la concordance des comptabilités, la discordance était grave, un abîme séparait les deux comptabilités : il aurait fallu 250 millions de francs pour le combler.

Je me suis attardé à parler du compte d'intérêts.

Toutes les méthodes indiquées ont pour point de départ, par la force même des choses, des hypothèses.

(1) Encore un terme qui peut induire en erreur le lecteur non prévenu.

Celles de jadis, disons-le en passant, nous expliquent la légende de la « vache à lait » ; celles d'aujourd'hui sont plus proches de la réalité.

Quelle est aujourd'hui la règle d'amortissement suivie par le département des chemins de fer pour établir son compte de gestion ?

« Désormais, l'amortissement appliqué à la dette 3 °/₀ en exécution de la loi du 22 décembre 1903 (soit une dotation de 0,30 fr. augmentée des intérêts à 3 °/₀ des capitaux amortis) est appliqué pour l'amortissement des capitaux définitivement engagés de 1834 à 1905, ce qui réduit le délai d'amortissement à 81 ans environ.

» L'amortissement d'une année est calculé sur le montant des capitaux engagés au 31 décembre de l'année précédente.

» Le montant de l'amortissement auquel on aboutit ainsi se rapproche sensiblement de l'amortissement réalisé. »

Telle est, depuis le compte rendu de 1905, la règle d'amortissement selon laquelle la comptabilité du chemin de fer a été établie.

Elle consacre l'affectation à l'amortissement, en comptabilité, de sommes importantes, car tous les intérêts des « capitaux » amortis font partie de la dotation de l'amortissement.

Les annuités de rachat sont dorénavant portées en compte d'après les tableaux d'amortissement formés à l'origine de l'inscription des charges au budget de la dette publique. Les pensions servies aux anciens fonctionnaires et employés, antérieurement à la réforme de 1905, ne figuraient que pour mémoire dans les statistiques du compte rendu ; elles sont maintenant ajoutées aux dépenses d'exploitation.

Sur les écritures du compte ainsi compris on pourrait calquer les estimations selon lesquelles serait dressé à l'avenir le *budget* du chemin de fer.

C'est le seul moyen d'atteindre le but poursuivi : les tableaux budgétaires devenant une source de lumière, nous donnant des finances claires et la vue d'une dette telle qu'elle est, c'est-à-dire légère.

Sans doute, au point de vue de la gestion même du chemin de fer, le compte, le *bilan* importent plus que le *budget*. Mais, si l'on veut arriver à dresser le budget fiscal, il faut bien dresser à côté le budget industriel pour inscrire aux tableaux de chacun des deux les charges des dettes qui lui sont propres.

UNE SOLUTION ADMINISTRATIVE IMMÉDIATE EST POSSIBLE

Récapitulons les constatations faites au cours de notre promenade autour du budget.

On a vu comment a pris naissance la légende qui fait du chemin de fer la « vache à lait » du budget, on en a compris l'inanité. La comptabilité adoptée pour le compte rendu du chemin de fer depuis le compte rendu des opérations de l'année 1905 en a fait justice, mais, pour la ruiner définitivement, c'est au *budget* aussi, et non pas seulement dans les *comptes*, qu'il faudrait montrer quelles sont les charges du chemin de fer.

On a vu que la question de la réforme de la comptabilité budgétaire était posée devant le parlement. Le rapporteur de la section centrale qui examina le budget des voies et moyens pour 1911 a proposé une réforme largement comprise, allant jusqu'à l'autonomie financière du chemin de fer. Celle-ci rendrait nécessaire l'intervention du législateur.

Enfin, on a pu constater que les travaux d'approche de la réforme, si je puis ainsi m'exprimer, étaient fort avancés. La réforme de la comptabilité budgétaire serait un fait accompli, si l'on dressait le *budget* du chemin de fer dans les conditions où l'on dresse depuis

quelques années déjà le *compte* du chemin de fer. Même, depuis lors, cette seconde réforme s'impose en quelque sorte. Elle est le corollaire de la précédente, car la concordance dans la manière d'établir le budget et les comptes est, au point de vue de la lumière que le public est en droit de réclamer au sujet de la gestion de la chose publique, un minimum d'exigence.

Faut-il attendre pour cela la mise en mouvement du lourd appareil de la loi, et un geste de bon vouloir gouvernemental n'y pourrait-il suffire ? Ce geste, n'est-il pas permis de l'attendre du ministre des finances, qui il y a quelques mois exposait éloquemment, comme rapporteur de la section centrale, les raisons péremptoires de réformer la comptabilité et esquissait si élégamment les grands traits d'une réforme législative ?

Il faudrait une loi nouvelle pour *substituer* à la comptabilité budgétaire actuelle une comptabilité différente et pour modifier les dates auxquelles les projets de budgets, d'une part, le compte du chemin de fer, de l'autre, doivent être présentés aux Chambres.

Il ne faut pas l'intervention du législateur pour autoriser le gouvernement à publier aux dates où ce sera utile des indications complémentaires sur les opérations financières.

Aussi je propose que, pour mieux renseigner le parlement et le pays, le gouvernement publie chaque année, en attendant que la réforme législative soit réalisée, au commencement de l'année si c'est possible, le budget du chemin de fer, en recettes et dépenses, et le compte du chemin de fer pour l'année écoulée.

L'on publierait en même temps que ce budget industriel le budget de l'État-pouvoir, délesté de tout ce qui concerne le chemin de fer.

Avant d'aborder l'examen des deux catégories de tableaux à dresser, ceux qui concernent le chemin de fer, celui qui concerne le budget proprement dit de

l'État, il convient de bien préciser le caractère de la réforme qui se trouverait ainsi réalisée.

Elle ne concerne que la comptabilité et les documents à publier par l'administration des finances.

Elle ne touche pas à la gestion du réseau ferré, tandis que les propositions que faisait naguère le rapporteur de la section centrale vont bien au delà, puisqu'elles tendent à l'autonomie financière du chemin de fer.

Il y a là deux questions distinctes.

Il est traité ici seulement de la première.

Il est bien certain, d'ailleurs, qu'en étudiant et en résolvant, s'il se peut, la question de comptabilité, on apportera une contribution appréciable à l'étude de la question de l'autonomie financière du réseau ferré.

Au surplus, l'autonomie financière du réseau, si elle était réalisée, devrait se concilier avec le maintien des caractères juridiques et économiques de la dette publique telle qu'elle est constituée.

Qu'ils aient été créés pour pourvoir au développement des chemins de fer ou pour d'autres causes, les titres de la dette publique ne se distinguent pas les uns des autres. La dette est une. Mêmes sont les obligations de l'État, mêmes sont les droits reconnus à ses créanciers. Par voie de conséquence, la valeur des titres est la même. Il y a là plus qu'une fusion, il y a identité. Au point de vue du *crédit*, le chemin de fer bénéficie du crédit de l'État, et l'État bénéficie, lors de ses emprunts, de l'existence dans son patrimoine d'un énorme capital productif, qui est le chemin de fer. Cela est tout à l'avantage du crédit public. S'il se conçoit, s'il est désirable même que l'on puisse par la comptabilité des divers organes de l'État voir clairement l'apport du chemin de fer à l'acquit des charges de l'État, il est désirable aussi que les réformes à réaliser ne portent pas atteinte à l'unité de la dette.

Cette considération domine la matière. Elle n'est

point un obstacle aux réformes relatives à la comptabilité. Elle est une réelle difficulté pour l'attribution au chemin de fer de l'autonomie financière complète.

Nous avons vu que dès à présent le compte des charges financières du chemin de fer est établi conformément aux règles admises par la trésorerie. Dès lors, à dresser le budget net, c'est-à-dire sous déduction de la recette du chemin de fer, d'une part, et de toutes ses charges d'exploitation et de dette, de l'autre, il n'y a nulle difficulté (1). Il suffira d'établir ce budget selon les règles admises pour établir le compte du chemin de fer.

Il sera une résultante, un reste, au sens que l'on donne à ce mot en arithmétique. Dans ce tableau le budget des voies et moyens sera diminué de la recette brute escomptée du chemin de fer, — le budget du département des chemins de fer, postes et télégraphes sera diminué des charges d'exploitation du réseau ferré, — le budget de la dette publique sera diminué de toutes les charges financières afférentes à l'établissement et à la gestion du chemin de fer.

Le budget prussien est établi dans les conditions que j'indique, c'est-à-dire à la fois à l'état brut et à l'état net. A l'état brut il englobe toutes les recettes des régies de l'État, chemins de fer, mines, salines, ainsi

(1) Ce n'est pas tout à fait le budget net. Pour réaliser celui-ci adéquatement il faudrait ramener les opérations de la poste à un article de la recette nette, il faudrait n'y porter les recettes provenant des impôts que sous déduction des frais de perception. Il faudrait aussi faire disparaître tout le chapitre IV du budget des voies et moyens, où sont inscrits notamment les remboursements de certaines avances que l'État fait, conformément à la loi, pour le compte des provinces et des communes. On pourrait d'ailleurs allonger cette liste, et beaucoup.

La façon un peu particulière de concevoir le budget net à laquelle je m'arrête n'est pas arbitraire, car, en ce qui concerne les péages en particulier, les recettes que j'y laisse subsister dans leur intégralité ont un caractère fiscal que n'a pas la régie du réseau ferré.

Le budget net proprement dit ne pourrait être *substitué* au budget brut, car la Constitution belge ordonne de porter au budget et dans les comptes toutes les dépenses et toutes les recettes de l'État.

que toutes les dépenses d'exploitation et toutes les charges financières des régies. A l'état net il est délesté de toutes les catégories de dépenses que je viens d'indiquer, et l'on n'inscrit au budget net que le bénéfice des régies. Pour le dire en passant, les chemins de fer de la Prusse sont gérés selon un autre principe financier que celui qui prévaut en Belgique : ils sont un moyen de fiscalité. Cela étant, il est naturel de porter le bénéfice, en recettes, au budget ordinaire.

Qu'il s'agisse du budget fiscal net ou du budget du chemin de fer, tant qu'on s'en tiendra à des publications faites à titre de renseignement, tout cela ne souffrira aucune difficulté, puisque ce sont les budgets dressés en la forme traditionnelle qui, seuls, seront soumis au vote du parlement.

Il convient de se demander, quoique ceci ne soit qu'une éventualité plus éloignée, ce qui adviendrait au cas d'une réforme législative. Dans cette hypothèse, le budget de la dette publique deviendrait un budget net au sens indiqué.

Il serait allégé des annuités de rachat.

On y inscrirait les sommes nécessaires à payer les arrérages de la rente et à pourvoir à l'amortissement, « sous déduction des charges incombant au chemin de fer ». Il faudrait indiquer ceci dans le libellé du crédit budgétaire. *C'est ainsi que les choses se passent dès à présent*, mais la comptabilité budgétaire ne le dit pas.

Chacune des campagnes annuelles de l'État industriel, quelle que soit la manière de calculer les charges, laissera un solde actif ou passif.

En fait, les conséquences sont simples. Il est emprunté chaque année des sommes importantes pour le développement du railway. Supposez qu'il faille dépenser n millions et que le budget ordinaire s'équilibre exactement. Si le solde est actif, on empruntera n —

le solde ; au cas contraire, $n +$ le solde. Ce que sera la pratique ne fait point de doute.

Que sera, que devra être la comptabilité ?

Au cas de réforme législative, on peut songer à la création d'un fonds spécial. La suggestion, au surplus, n'en fut faite l'an dernier que d'une manière dubitative par le rapporteur de la section centrale.

Au cas d'une solution purement administrative, on doit demeurer sur le terrain de la comptabilité, c'est bien clair.

Les soldes seront indiqués au compte et reportés au budget du chemin de fer pour l'année suivante, où ils affecteront en plus ou en moins le capital de la dette, qui sera, selon le cas, augmenté ou réduit à due concurrence.

Cela sera parfaitement clair.

On verra par le compte du chemin de fer si l'exploitation laisse un boni et si, conséquemment, en ce qui concerne l'année considérée, la dette à contracter pour les dépenses extraordinaires du chemin de fer est moindre que le montant de ces dépenses.

Au cas d'un solde passif, celui-ci sera non moins apparent et l'on saura qu'il y a des réformes à réaliser pour que la gestion soit telle que l'impose la législation organique, pour que le chemin de fer acquitte sur les ressources qu'il procure toutes les charges qui lui incombent.

Je conclus en indiquant ou rappelant les avantages d'une mesure d'ordre purement administratif.

On gagnera du temps.

On fera l'expérience de la comptabilité nouvelle sans avoir à redouter les inconvénients, les difficultés, les lenteurs d'une modification de la loi, si à l'usage les méthodes nouvelles donnaient prise à la critique.

On conservera provisoirement les méthodes actuelles,

ce qui permettra de continuer les comparaisons entre les gestions d'année en année.

On maintiendra la réforme sur son véritable terrain : celui de la comptabilité.

D'autre part, la réforme de la comptabilité qui a fait l'objet d'un examen dans le rapport de la section centrale, pour donner tous les bons effets qu'on en attend, devrait être plus complète.

Il faudrait englober dans la réforme législative la réalisation de l'unité budgétaire en ce qui concerne le budget de l'État-pouvoir.

Il faudrait, et ceci est plus important encore, modifier la date de l'ouverture de l'année financière. Nombreux sont les pays qui ont renoncé à faire coïncider l'année civile et l'année financière. Eu égard à la disposition constitutionnelle concernant l'ouverture de la session parlementaire, la date du 1er janvier convient en Belgique moins encore qu'ailleurs. S'il est vrai que la France l'ait maintenue, il est non moins certain que cette date n'est pas favorable à l'exercice régulier du contrôle des Chambres et au vote en temps opportun du budget.

Édouard Van der Smissen.

LA VALENCE CHIMIQUE

La valence a fait l'objet ces dernières années d'un grand nombre de travaux ; et elle est à l'heure actuelle une des notions les plus discutées en chimie. On a proposé des théories nombreuses dont les points de départ sont souvent très différents, même contradictoires.

Dans la dernière décade surtout la production théorique a été très intense ; on est arrivé à mettre en relief de nombreuses relations entre la valence et d'autres propriétés atomiques.

On pourrait répéter, en l'appliquant aux théories de la valence, ce que Bouasse dit avec tant de justesse dans la préface à son cours de Thermodynamique :

« Depuis que Raoult a formulé ses résultats, on nous a révelé un nombre prodigieux de lois simples. Ce qu'il en restera, nos petits neveux le sauront. Une approximation de quelques unités pour cent paraît aujourd'hui un miracle de précision ! Ils sont légion les physiciens-chimistes ayant à leur acquit quelque loi très simple et absolument générale. »

Les progrès faits ces dernières années sont cependant indéniables. On peut constater une évolution, une orientation nouvelle ; le problème de la valence est devenu pour ainsi dire un problème physique que l'on cherche à résoudre au moyen des théories électronique on corpusculaire.

J'ai cru faire ouvrage utile en cherchant à exposer brièvement les principales théories de la valence, car

il n'y a sur ce sujet que peu de travaux d'ensemble : en langue française, il n'en existe pas. En dehors de quelques courtes revues publiées dans les journaux allemands et anglais, il n'y a à ma connaissance que deux monographies : la première est de W. Henrichsen « Ueber den gegenwärtigen Stand der Valenzlehre », elle a été publiée en 1902 dans la « Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge » de Ahrens ; la seconde, de Friend « Theory of Valency » a été publiée au commencement de 1909, dans la série des « Text-books of Physical-Chemistry » de Ramsay.

Je tiens à reconnaître tout ce que je dois à la lecture de ces excellents ouvrages.

Cette étude est divisée en trois chapitres : le premier traite de la notion de valence, dans le second on a développé les principales théories de la valence, le troisième chapitre ou partie systématique traite de la valence de chacun des éléments ; on y a principalement insisté sur la valence du carbone, de l'oxygène et de l'azote.

I

LA NOTION DE VALENCE

La force chimique qui sollicite les corps à la combinaison est de nature très complexe. Elle s'exerce de différentes façons. Son intensité est variable avec la nature des corps et avec les conditions physiques ; de plus, les éléments qui entrent en réaction sous son influence ne se combinent pas tous à une même quantité d'un élément type.

Dans l'étude des forces chimiques il faut distinguer deux notions : l'affinité des corps et leur valence. La notion d'affinité est très ancienne et a précédé de longtemps l'établissement de la théorie atomique.

C'est Boerhave (1) le premier qui a attribué la combinaison à une force spéciale qu'il appelait affinité. Il s'exprime avec une grande netteté :

« Une observation journalière nous apprend que dans beaucoup de cas les particules du menstrue, après avoir agi comme dissolvant, s'unissent aux particules du corps dissous et forment ainsi un composé très différent par ses propriétés des corps dont il dérive : telle est l'action de l'eau régale sur l'or. Pourquoi les particules d'or dix-huit fois plus denses que l'eau régale ne se réunissent-elles pas au fond du vase ? Ne voyez-vous pas clairement qu'il y a entre chaque particule d'or et chaque particule d'eau régale une force en vertu de laquelle elles se recherchent, s'unissent et se retiennent ? Ne faut-il pas qu'il y ait une cause pour que les particules du menstrue, se séparant les unes des autres, aillent chercher les particules du corps à dissoudre, plutôt que de rester dans leur état primitif ? Et la désagrégation une fois opérée par l'action dissolvante du menstrue, ne faut-il pas admettre une raison semblable, pour que ses particules et celles du corps dissous restent ensemble, plutôt que de se rechercher à leur tour entre elles et de se réunir de nouveau suivant l'affinité de leur nature, en corps homogènes ? »

La notion de valence est moins ancienne. Et pourtant cette propriété élective, un des attributs les plus caractéristiques de l'atome, semble déjà avoir été entrevue par Bergmann (2), bien avant que Dalton ne proposât l'hypothèse atomique.

Dans la seconde moitié du XVIIIme siècle, Bergmann montre que les métaux de nombreuses solutions métalliques neutres peuvent être précipités par d'autres métaux sans dégagement de gaz et sans que la réaction devienne acide. Le métal précipité prenant le phlogistique du précipitant, on arrive ainsi à déterminer les quantités relatives de phlogistique des différents métaux.

Lavoisier (3) a repris ces expériences et est arrivé au même résultat. Mais là où Bergmann parle d'absorption de phlogistique, Lavoisier entend perte d'oxygène, il détermine ainsi les quantités de différents métaux qui se combinent à la même quantité d'oxygène.

C'est le premier germe de la notion de valence qui ne fut cependant nettement mise au jour que plus d'un demi-siècle après.

La théorie des radicaux née avec Gay-Lussac et Berzelius se développe avec Liebig, Woehler et Bunsen. Bientôt s'élève une théorie nouvelle proposée par

(1) Cf. Dictionnaire de Wurtz : discours inaugural.
(2) *Chemische Werke*, III-525.
(3) Lavoisier, *Œuvres*, II-520.

Laurent et Gerhardt : la théorie de la substitution ; c'est l'idée unitaire opposée au dualisme de Berzelius.

Les travaux expérimentaux cependant se succèdent : Wurtz (1) et Hoffmann (2) font ressortir la véritable nature des ammoniaques composées, Williamson (3) insiste sur la constitution des éthers mixtes, et une conciliation peut s'établir entre la théorie des radicaux et la théorie des substitutions : rivales elles étaient impuissantes, fusionnées elles ont donné cette belle théorie des types qui a rendu tant de services. La théorie des types en effet, embrassant un nombre considérable de composés de toutes sortes, les range méthodiquement par comparaison avec les combinaisons les plus simples. De l'établissement de la théorie des types date le renversement des barrières établies entre les composés de la chimie minérale et ceux de la chimie organique. Mais il lui manque quelque chose : elle admet l'existence des types bien distincts et très caractéristiques et elle ne peut indiquer la raison d'être de ces différences.

Dans le système de Gerhardt (4) proposé en 1856, se trouvent les quatre types :

Ammoniaque	Eau	Hydrogène	Acide chlorhydrique
$N\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right.$	$O\left\{\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right.$	$\left\{\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right.$	$\left\{\begin{matrix}H\\Cl.\end{matrix}\right.$

En 1857 Kékulé (5) ajoute le type méthane $C\left\{\begin{matrix}H\\H\\H\\H\end{matrix}\right.$

Il est nettement indiqué dans ce système que la capacité de saturation de différents atomes par rapport

(1) Wurtz, C. R. 28, p. 224, 1849.
(2) Hoffmann, Ann. Chem., 74, 174, 1850.
(3) Williamson, Ann. Chem., 77, 37, 1851.
(4) Gerhardt, Ann. de Chim. et Phys., (3) 37, 337, 1856.
(5) Kékulé, Ann. Chim., 101, 200, 1857.

à l'hydrogène est très variable. Ces types représentent diverses formes de combinaisons déterminées par une propriété fondamentale de l'atome, sa valence. Quoi qu'il en soit, personne en se basant sur la théorie des types ne mit en évidence cette propriété si caractéristique. C'est d'une notion assez complexe qu'elle découle et c'est d'une propriété constatée d'abord pour les molécules, pour les radicaux ensuite qu'elle a été transportée aux éléments eux-mêmes.

En 1811 Berzelius, reprenant des travaux de Richter (1) effectués en 1795, montre que dans tous les sels neutres entre les quantités d'oxygène basique et d'oxygène acide, il y a un rapport constant. Il trouve notamment deux classes d'oxydes dont la chaux et l'alumine sont les représentants ; tandis qu'une molécule des premiers s'unit à une molécule d'acide sulfurique pour former un sel neutre, il faut trois molécules d'acide sulfurique pour former un sel neutre avec une molécule des seconds (2). C'est l'introduction de la notion des bases poly-acides. C'est à Graham (3) que nous sommes redevables de la notion analogue des acides polybasiques ; ses études des variétés d'acides phosphoriques l'y ont conduit.

Ces idées ne tardèrent pas à être transportées dans le domaine de la chimie organique. Berzelius a montré que l'alumine nécessite pour sa saturation trois molécules d'acide ; Berthelot en 1854 (4) a montré que la glycérine exige trois molécules d'acide pour former un corps gras neutre. Il n'est pas inutile de faire remar-

(1) Richter. *Ueber die neue Gegenstände der Chemie*, p. 70.

(2) Dans le système des poids atomiques employé à cette époque par Berzélius, le fer et l'alumine correspondaient à la valeur double de celle que l'on emploie maintenant ; l'oxyde ferrique et l'alumine renfermaient un atome de métal pour 3 d'oxygène.

(3) Graham. *Phil. Trans.* 1833, p. 253, ANN. CHIM., 12, 1.

(4) Berthelot. ANN. CHIM. ET PHYS. (3), 41, 216.

quer que Chevreul avait déjà fait un rapprochement analogue en 1819.

En 1851 Williamson (1) propose de considérer l'acide sulfurique comme formé par la substitution du radical bibasique SO_2 à deux atomes d'hydrogène de deux molécules d'eau.

En 1854 (2) il admet que le chloroforme se comporte vis-à-vis de l'alcoolate de sodium comme le chlorure du radical tribasique CH ; il se forme dans cette réaction un corps que l'on peut considérer comme résultant de la substitution de ce radical à trois atomes d'hydrogène de trois molécules d'alcool. Wurtz (3) appliquant cette notion à la glycérine la fait dériver de trois molécules d'eau par la substitution à trois atomes d'hydrogène du radical tribasique glycérile : C_3H_5. Rapprochant ce radical du propyle : C_3H_7, il conclut que la perte de deux atomes d'hydrogène qui a transformé le propyle en glycérile a augmenté de deux unités la capacité de saturation de ce radical.

A partir de ce moment la notion de capacité de saturation d'un radical devient très claire : on l'a appelée son atomicité. Il suffisait maintenant d'appliquer les idées de Williamson aux éléments. Ce fut fait en 1854 par Odling (4). Il montre que plusieurs métaux sont polybasiques : il admet que l'hydrate de bismuth dérive de trois molécules d'eau par la substitution du bismuth à trois atomes d'hydrogène. Pour d'autres éléments la substitution ne correspond pas au même nombre d'atomes d'hydrogène. En 1855 Wurtz (5) qualifie de même l'azote et le phosphore d'éléments tribasiques. L'idée des métaux dibasiques ou diatomiques a été

(1) Williamson. Ann. chem., 77, 37 et Proceedings R. Soc., 7, 11.
(2) *Williamson and Kay* Proceedings R. Soc., 7, 135.
(3) Wurtz. Ann. Chim. et Phys., 43, 492.
(4) Odling. Trans. Chem. Soc., 7, 1.
(5) Wurtz. Ann. Chim. et Phys. (3), 44, 306, 1855.

énoncée pour la première fois par Cannizaro (1) en 1858.

La notion de valence s'est donc établie par étapes successives. Ayant découvert d'abord des combinaisons polybasiques, on a été conduit à admettre l'existence de radicaux polybasiques ou d'une façon générale de radicaux à différente capacité de saturation. Il suffisait alors d'appliquer la capacité de saturation aux éléments eux-mêmes.

Il serait cependant inexact de prétendre que telle fut la marche suivie par tous les chercheurs. En 1852, alors que ni Williamson, ni Wurtz n'avaient fait ressortir les relations entre la basicité des radicaux et la constitution des combinaisons qu'ils forment, Frankland (2) avait montré que l'affinité d'un atome se trouve toujours satisfaite par le même nombre d'équivalents d'un autre élément. C'est à la suite de ses recherches sur les composés organo-métalliques de l'arsenic, de l'antimoine, du zinc, de l'étain et du mercure qu'il est arrivé à cette conclusion.

Ses travaux cependant ne reçurent pas toute la considération qu'ils auraient méritée. Il est assez curieux de constater qu'ils ne sont pas même signalés ni dans le *Lehrbuch der organischen Chemie* de Kékulé (1866), ni dans le *Discours inaugural* qui sert d'introduction au dictionnaire de Wurtz (1869).

En 1858 la notion de valence se complète : Kékulé et Couper indépendamment l'étendent au carbone.

Dans un mémoire sur les radicaux, qui a fait époque, Kékulé (3) montre que le carbone est un élément tétra-atomique : considérant les composés organiques les plus divers, il constate qu'un atome de carbone est toujours uni à une somme d'éléments équivalente à quatre atomes d'hydrogène. Il y a il est vrai une excep-

(1) Cannizaro. *Sunto di un corso di filosofia chimica fatto nella* R. Univ. di Genova, Pisa, 1858, p. 35.

(2) Frankland. Ann. chem., 85, 329, 1853.

(3) Ann. Chem., 106, 129.

tion, c'est l'oxyde de carbone : mais l'affinité de l'atome de carbone n'y étant pas satisfaite, il peut fixer pour se saturer, soit un atome d'oxygène, soit deux atomes de chlore, et à l'état normal il redevient tétra-atomique. Kékulé explique encore pourquoi dans la série des hydrocarbures saturés le rapport du nombre d'atomes d'hydrogène au nombre d'atomes de carbone n'est que dans le premier terme de quatre à un ; dans le second terme deux atomes de carbone ne sont unis qu'à six atomes d'hydrogène, dans le troisième il n'y en a plus que huit pour trois atomes de carbone : c'est que les atomes de carbone se combinent entre eux en formant des chaînes et qu'ils saturent mutuellement soit une, soit deux de leurs valences.

Couper (1) arrive de son côté à des résultats analogues. Mais il rejette la théorie des types et construit les formules des composés en se basant exclusivement sur la valence de leurs éléments. Il est intéressant de reproduire quelques-unes des formules qu'il propose : Il prend comme poids atomique du carbone 12 et de l'oxygène 8, mais les atomes d'oxygène sont en général liés deux par deux, si bien qu'on a un groupe di-atomique O ... O qui est bivalent et qui correspond à la notation O = 16 que nous employons actuellement :

$$C\left\{\begin{array}{l} O \ldots OH \\ \\ H_3 \end{array}\right. \qquad\qquad C\left\{\begin{array}{l} O \ldots OH \\ O_2 \\ H \end{array}\right.$$

Alcool méthylique. Acide formique.

On considère souvent, même encore à l'heure actuelle, Kékulé et Couper comme les fondateurs de la théorie de la valence. Personne ne niera les services énormes qu'ils ont rendus en transportant dans le domaine si fécond de la chimie organique la notion de valence : mais la priorité de la découverte revient incontestablement à Frankland. A Williamson, Odling et Wurtz, qui ont si habilement préparé le terrain à Kékulé et à ses successeurs, revient également une grande part de mérite.

(1) Ann. Chim. et Phys. (3), 53, 469, 1858.

Nous arrivons ici au point de l'histoire de cette doctrine où les polémiques nombreuses deviennent parfois âpres et violentes : il s'agit de savoir si la valence est une propriété fondamentale et constante de l'atome ou si elle est variable.

Pour Frankland (1) la valence est variable, il s'exprime nettement : « L'azote, le phosphore, l'antimoine et l'arsenic présentent une tendance marquée à former des composés renfermant trois ou cinq équivalents d'autres éléments : c'est dans ces proportions que leurs affinités sont le mieux satisfaites ».

Kolbe professe la même opinion que son ami Frankland : l'ammoniaque et le chlorhydrate d'ammoniaque, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique prouvent que l'azote peut être tri- et pentavalent, le carbone bi- et tétravalent. Il admet cependant que chaque élément a une valence maximum bien déterminée : lorsque celle-ci est saturée, une addition ultérieure est impossible.

Erlenmeyer (2) développe des vues analogues.

La conception de Kékulé (3) est bien différente : pour lui la notion de valence ne sera utile que pour autant qu'on la considère comme une propriété fondamentale de l'atome, aussi invariable que le poids atomique lui-même. La vraie valence d'un atome est celle qui explique le mieux et de la façon la plus simple le plus grand nombre de combinaisons.

Conçue d'une façon aussi étroite, la notion de valence ne pouvait subsister sans l'introduction d'hypothèses nouvelles.

Pour expliquer les combinaisons du genre du chlorhydrate d'ammoniaque, où l'azote semble pentavalent, alors que d'après le type NH_3 il ne pourrait être que trivalent, Kékulé admit que l'azote y est sursaturé : ce ne sont pas de véritables combinaisons atomiques, ce sont des combinaisons de molécule à molécule. Le chlorhydrate d'ammoniaque sera donc représenté par la for-

(1) Ann. Chem., 85, 329.
(2) Zeit, Chem., 1863, pp. 65, 97 et 609 ; 1864, pp. 1 et 628.
(3) Zeit. Chem., 7, 689, et C. R., 58, 510.

mule : $H_3N . HCl$. Les combinaisons de ce genre ne peuvent exister à l'état gazeux ; c'est un caractère important. La vraie valence des éléments ne peut se déterminer qu'au moyen de composés volatilisables, sans décomposition.

Pour expliquer les combinaisons du genre de l'oxyde de carbone, Kékulé admit que l'on avait là des combinaisons non saturées où plusieurs valences peuvent être mises ultérieurement en action. La constance de la valence se retrouve dans le fait que ces composés cherchent toujours à se saturer ; ce sont des « molécules ouvertes ».

C'est de la théorie de la valence constante qu'est née la théorie des doubles et des triples soudures qui pendant une longue période a rendu, en chimie organique du moins, tant de services. C'est à la suite de Kékulé que l'on donna à l'éthylène et à l'acétylène, les formules que l'on emploie encore en général, à tort ou à raison, à l'heure actuelle :

$$H_2C = CH_2 \qquad HC \equiv CH$$

Une fois l'impulsion, donnée cet artifice fut employé également en chimie inorganique. Comment expliquer plus clairement la tétravalence constante du fer, par exemple dans les chlorures $FeCl_2$ et $FeCl_3$, qu'en doublant les formules et en admettant une constitution analogue à celle de l'éthane et de l'éthylène :

$$\begin{array}{ll} CH_3 - CH_3 & H_2C = CH_2 \\ Cl_3Fe - FeCl_3 & Cl_2Fe = FeCl_2 \end{array}$$

Que de faits expliqués ainsi, que de simplifications apportées dans tous les domaines de la chimie ! Kolbe eut beau faire, la théorie de Kékulé fut admise universellement.

Mais le matériel expérimental augmente, les propriétés physiques sont étudiées avec plus de soin, les déterminations des poids moléculaires s'ajoutent nombreuses et la théorie se trouve en défaut dans plusieurs cas.

« Le dogme de la constance de la valence » est de nouveau battu en brèche.

On trouve que si PCl_5 se décompose dans certaines conditions en PCl_3 et Cl_2, PF_5 dont la préparation est due à Thorpe (1), peut être volatilisé sans décomposition : il en est d'ailleurs de même du pentachlorure de phosphore (2) et du chlorhydrate d'ammoniaque (3) s'ils sont parfaitement secs.

On trouvera exposés dans la partie systématique, de nombreux exemples de ce fait : la théorie des combinaisons moléculaires se trouve donc en défaut. Il en est de même de la théorie des combinaisons non saturées que l'on connaît maintenant en très grand nombre : l'oxyde de carbone n'est plus une exception.

(1) Ann. chem., 182-201.
(2) Trans. of chem. soc., 77-646.
(3) Trans. of chem. soc.., 65-612.

« Le dogme de la constance de la valence » est renversé ; Kolbe triomphe. Avec lui on admet que la valence est variable, mais qu'il existe une valence maximum bien déterminée (1). Mendeleeff (2) admet que le composé oxygéné au maximum correspond à la valence la plus élevée.

Mais dans ces conditions la notion de valence ne peut plus guère nous être utile, du moins ne peut-elle plus servir de base à une théorie générale : comme Hinrichsen (3) le fait remarquer, la notion de valence dans ce cas, ne nous dit pas autre chose que la loi des proportions multiples.

Pour ne pas ergoter sur les mots, distinguons dès à présent les deux notions suivantes, pour lesquelles on se sert en général d'un seul et même mot : d'une part la capacité de saturation maximum d'un atome, c'est la valence maximum, et d'autre part le degré de substitution atteint dans telle ou telle combinaison (4).

On n'aura une théorie avec ses avantages que lorsque, prenant comme point de départ une valence maximum constante, on recherchera les raisons pour lesquelles la saturation n'en est pas complète dans certains cas.

Développons ici les théories émises dans ce sens.

Blomstrand dans sa « Chemie der Jetzeit (5) », publiée en 1869, met en relief les relations entre le caractère électro-chimique de l'élément et sa valence : lorsqu'un élément met en jeu le maximum de son énergie, il se trouve toujours dans l'état de saturation le moins élevé. Lorsque les halogènes, par exemple, se comportent en tant que véritables halogènes, avec leur caractère électro-négatif prononcé, ils sont monovalents.

(1) *Lehrbuch d. anorg. chem.*, 1.
(2) *Ostwald Klassiker*, 68-48.
(3) *Gegenwärtigen Stand der Valenzlehre*, p. 17, Chem. Zeit., 28, 1, p. 567.
(4) *Hinrischsen : Gegenwärtigen Stand der Valenzlehre*, p. 19. *Naumann Molekülverbindungen*, p. 15. Voir encore les polémiques entre Pfannstiel, Amberg et Wesin, Chem. Zeit., 28, p. 297 et 471.
(5) Chemie der Jetzeit, p. 217, 243.

Hinrichsen (1) généralisant l'idée de Blomstrand écrit : « L'énergie d'un atome est d'autant plus grande qu'il met moins d'affinités en action ». Les données thermochimiques peuvent nous en donner une mesure : le passage de SO_2 à SO_3 est lié à un dégagement de chaleur intense, c'est-à-dire que le passage du soufre tétravalent au soufre hexavalent est lié à une notable perte d'énergie.

Van 't Hoff (2) montre que la variation de la valence peut s'expliquer par la forme et le mouvement des atomes.

Partant d'un atome de forme sphérique, on voit que chaque modification à sa forme doit donner lieu à une attraction plus active dans la direction de la partie modifiée ; à cet endroit, en effet, l'atome est plus accessible aux autres. On conçoit ainsi qu'à chaque forme puisse correspondre un nombre déterminé de valences. Mais les atomes sont doués de mouvement ; si l'on suppose d'après nos conceptions cinétiques qu'ils effectuent des oscillations déterminées autour d'une position d'équilibre, ils ne pourront plus venir en contact aussi intime et l'affinité des atomes en mouvement sera d'autant plus faible que l'amplitude de leurs oscillations sera plus grande.

Les oscillations très considérables étant dues à l'élévation de la température, il en résulte que la valence d'un atome doit être fonction de la température. L'abaissement de la température ralentissant et anéantissant finalement les oscillations, de nouvelles affinités peuvent être mises en action.

Les considérations de Van 't Hoff peuvent être transportées aux corps en solution, ici la variation de la valence est fonction de la nature du solvant et de la concentration.

(1) Zeit. Phys. chem., 39, 305.
(2) *Ansichten über org. Chem.*, p. 3.

Cette théorie concorde avec un grand nombre de faits : le chlorure d'ammonium, le pentachlorure de phosphore, etc., se dissocient à haute température ; le phénomène est identique pour les vapeurs de mercure et d'iode qui deviennent monoatomiques à une température assez élevée. Mais toutes ces dissociations sont des phénomènes réversibles : à froid les affinités anéanties à chaud sont de nouveau mises en action.

Les travaux sur ce sujet sont nombreux. Nous résumerons un travail fort développé de Biltz qui cherche à répondre à la question : « De quelle façon la valence d'un élément pour un autre est-elle influencée par la température ? »

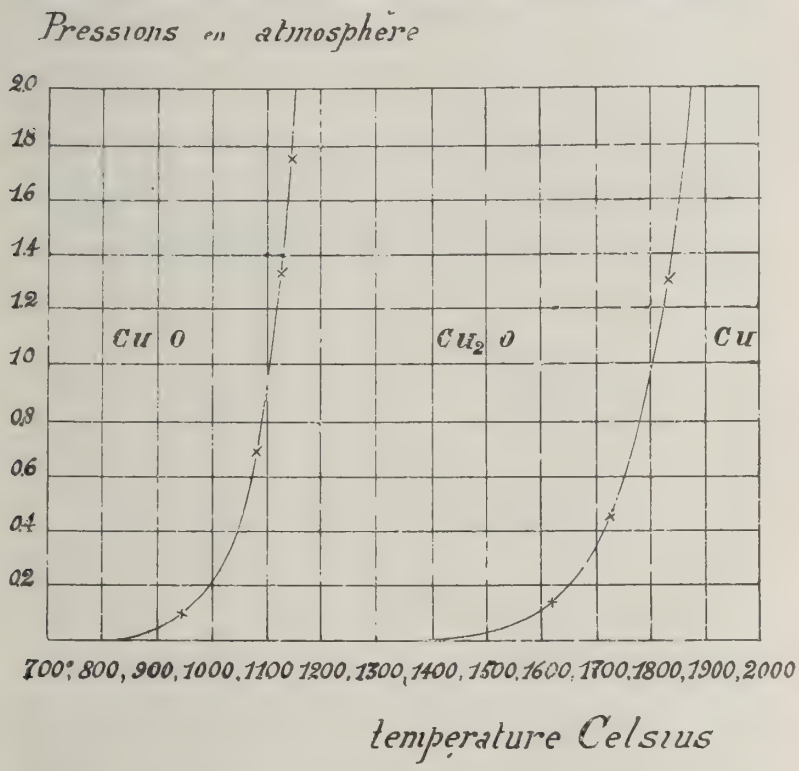


Fig. 1.

Pour résoudre ce problème il faut rechercher d'abord les limites de température entre lesquelles un élément à valence variable présente une valence constante, et comparer ensuite ces limites de valence. Pour la plupart des composés la difficulté réside dans le fait que l'on ne peut fixer de pareilles limites : des composés où un élément montre des valences différentes, peuvent coexister en équilibre homogène ; ils peuvent coexister à différentes températures et sous différentes pressions. Le problème est plus simple dans le cas où la coexistence de combinaisons de valences différentes est liée à un équilibre hétérogène complet, c'est-à-dire dans le cas où une petite modifica-

tion de température ou de pression, a pour résultat le passage complet d'une forme à l'autre.

C'est le cas des combinaisons de l'oxygène avec les métaux où l'on peut avoir les phases : oxyde supérieur, oxyde inférieur et oxygène ou encore oxyde inférieur, métal et oxygène. D'autres exemples sont fournis soit par les combinaisons salines à eau de cristallisation, soit par les sels complexes ammoniacaux.

Soit le cas des oxydes métalliques (1). Si on chauffe un oxyde métallique à une température déterminée sous une pression constante d'oxygène, on aura à un point donné dissociation complète en oxyde inférieur et oxygène ou en métal et oxygène. Les points limites de température et de pression donnent les éléments pour construire la courbe de décomposition de l'oxyde ; les courbes qui séparent les champs d'existence des différents oxydes peuvent être appelées limites d'atomicité ou de valence. La figure I donne la courbe pour le système cuivre-oxygène.

Si dans un diagramme on prend les limites d'atomicité, correspondant à une même pression d'oxygène, on aura les valences isobares qui permettront de se rendre compte de la variation de la valence avec la température. Pour tracer les isobares de valence Biltz rassemble en un tableau (Fig. 2) les températures d'équilibre pour la même pression d'une atmosphère ; exprimées en valeur absolue, elles sont les suivantes pour les systèmes que voici :

I	
PdO_2/PdO	453°
PdO/Pd	1148°
CuO/Cu_2O	1383°
Cu_2O/Cu	2073°
II	
PbO_2/Pb_3O_4	663°
Pb_3O_4/PbO	888°
PbO/Pb	2513°
I	
Co_3O_4/CoO	1261°
CoO/Co	3133°
IV	
Fe_2O_3/Fe_3O_4	1743°
Fe_3O_4/Fe	3248°
V	
MnO_2/Mn_2O_3	843°
Mn_2O_3/Mn_3O_4	1363

Dans le diagramme II on porte en abscisses les températures absolues, en ordonnées les valences.

Si l'on compare entre eux ces sept isobares, on constate que, indépendam-

(1) Zeit. phys. chem. 67, 561.

ment de la nature du métal et de la grandeur de la valence, leur inclinaison est d'autant plus prononcée que la température est moins élevée. Pour un élément qui possède plus de deux degrés de saturation, l'isobare montre à la température la plus basse l'inclinaison la plus prononcée. D'autre part l'équation : A — — RTLnp qui permet le calcul d'affinités comparables, montre que pour des pressions égales la température de décomposition est fonction de l'affinité : la diminution du champ d'existence avec l'achèvement de la saturation de l'atome métallique aura pour conséquence une diminution de son affinité vis-à-vis de l'oxygène. Plus l'oxydation est éloignée de son résultat final qui est l'état de saturation le plus élevé, plus l'affinité mise en œuvre dans le processus d'oxydation est considérable.

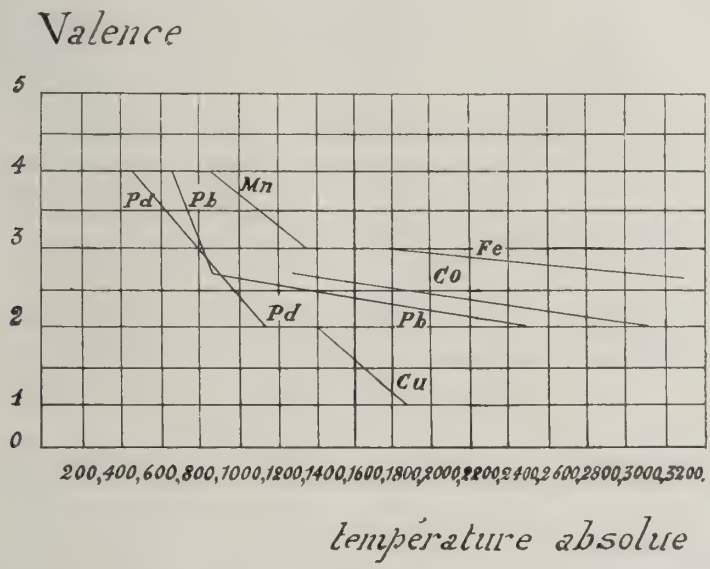


FIG. 2.

Ce résultat qui est bien mis en évidence dans la théorie d'Abegg, est une conséquence aussi des données thermochimiques de Thomsen et Berthelot.

Il faut cependant remarquer que Biltz a choisi des composés où la valence de l'atome du métal est assez difficile à déterminer avec certitude : les oxydes métalliques sont des polymères où l'association moléculaire peut varier énormément (1).

La valence qu'il assigne aux métaux dans certains oxydes est certes discutable.

Le phénomène inverse se produit par l'abaissement de température. L'analyse thermique de nombreux systèmes binaires a permis de mettre en évidence

(1) Voir notamment L. Henry : *Les oxydes métalliques* : ANN. SOC. SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, II.

l'existence à basse température des multiples combinaisons moléculaires (1) résultant de la mise en action d'un plus grand nombre de valences.

La valence est fonction de la température, mais elle est aussi fonction de la pression.

L'action de la pression sur les corps solides agit en général pour favoriser les réactions, cela a été mis en évidence surtout dans les remarquables travaux de Spring.

L'action combinée de la température et de la pression peut avoir un effet différent. Ludwig (2) étudie l'action de l'eau sur les trois métaux, bismuth, antimoine et aluminium au voisinage de leur point de fusion et sous l'influence de pressions très élevées. Si l'on chauffe le bismuth en présence d'eau à 280° sous la pression de 10.000 atmosphères, on obtient le monoxyde BiO. Dans les mêmes conditions l'antimoine sous une pression de 6000 atmosphères donne le monoxyde et l'aluminium fondu forme AlO. Ces trois métaux qui dans les conditions ordinaires sont au minimum trivalents, deviennent donc bivalents sous l'influence simultanée de la pression et de la température.

L'effet de la pression sur les gaz est analogue à celui du refroidissement, il provoque une condensation de la matière, un rapprochement moléculaire favorable à la mise en jeu d'affinités nouvelles. D'après la théorie de Van 't Hoff, la compression des gaz devra conduire à un état desaturation plus considérable.

Ce sont bien des résultats de ce genre qu'ont obtenu Briner et Wroczynsky (3). En comprimant à 280 atmosphères le gaz NO, à la température ordinaire, ils ont obtenu N_2O_3 suivant la réaction :

$$3\ NO = N_2O_3 + 1/2\ N_2$$

Si de cette expérience nous retenons exclusivement ce qui nous intéresse au point de vue de la valence, nous voyons que le composé NO, ou l'azote n'a pas toutes ses affinités satisfaites, se transforme sous l'influence de la pression en un composé de l'azote trivalent. Il est intéressant de mettre en parallèle l'action de la pression sur le protoxyde d'azote ; quoique ce composé soit endothermique, l'action d'une pression de 600 atmosphères et des températures allant jusqu'à 420° n'ont pu le décomposer : les affinités de l'oxygène et de l'azote y sont satisfaites.

Considérons maintenant l'action de la pression sur l'oxyde de carbone (4). Soumettant ce gaz à une pression de 600 atmosphères aux environs de 320°, Briner et Wroczynsky ont obtenu après 20 heures une diminution de volume de 10 % environ ; la partie du tube chauffée présentait un léger dépôt gris-noir, qui est soit du carbone très divisé, soit un des oxydes inférieurs du carbone dont Berthelot (5) avait constaté la formation dans l'action de l'effluve sur l'acide carbonique. Ici encore l'action de la pression conduit à une meilleure utilisation des valences.

(1) Voir notamment Wroczynsky, JOURN. CHIM. PHYS., VIII, p. 569. REVUE.
(2) JOURN. AMÉRIC. CHEM. SOC., 31, 1130.
(3) C. R., 149, 1374.
(4) C. R., 149.
(5) *Essai de Mécanique Chimique*, II, 132.

Toutes les considérations précédentes peuvent s'appliquer aux corps en solution et elles se trouvent vérifiées par l'expérience. C'est ainsi que l'augmentation de la pression osmotique conduit à la formation de molécules doubles ou plus complexes ; le nombre de valences mises en action est dès lors plus grand.

Pour prendre un exemple en dehors de la chimie organique où ils sont très nombreux, nous donnerons les résultats de la détermination de grandeur moléculaire à différentes concentrations, du bromure de cadmium et du nitrate d'argent. Ces déterminations ont été faites par ébullioscopie dans la pipéridine (1).

$Cd\ Br_2$	%	P. M. trouvé	P. M. calculé
	2.06	280.23	271.22
	4.10	290.38	
	6.72	307.23	
	9.47	329.42	
$Ag\ NO^3$	0.96	188.32	169.61
	2.16	250.55	
	3.45	306.55	
	5.74	383.83	

Avant de passer à l'exposé des théories de la valence il faut choisir le mot propre à la désigner : on a proposé de nombreuses appellations et il est donc nécessaire d'être fixé.

Dans ses leçons de philosophie chimique publiées en 1863, Wurtz (2) distingue l'atomicité actuelle et l'atomicité virtuelle : celle-ci est la capacité de saturation absolue de l'atome. Cette distinction est des plus importantes et c'est parce qu'on a négligé de la faire que de nombreuses polémiques se sont élevées, ces dernières années encore. Récemment on a proposé de nouveau une distinction analogue à celle qu'avait faite Wurtz il y a environ 50 ans : Hinrichsen (3) considère d'une part la capacité de saturation maximum d'un atome, c'est sa valence maximum, et d'autre part le degré de

(1) Werner. Zeit. anorg. chem., 15, 1.
(2) *Leçons de philosophie chimique*, p. 153, Bull. Soc. Chim. (2), 1-247.
(3) *Gegenwärtigen Stand der Valenzlehre*, p. 17.

saturation atteint dans telle ou telle combinaison : c'est la valence actuelle, ce que Naumann (1) désigne sous le nom d'équivalence.

Conformément aux idées de Wurtz, nous séparerons toujours ces deux notions : nous nous servirons cependant de l'expression « valence » de préférence à l'expression « atomicité » qui peut prêter à confusion.

Le mot « atomicité » semble avoir été introduit dans le langage chimique par Millon (2) qui différencie les bases mono-atomiques des bases polyatomiques, celles-ci étant formées de plusieurs molécules d'une base monoatomique.

Wurtz (3) s'est ensuite servi de ce mot à propos du Glycol qui est un alcool « diatomique ».

Malaguti (4) avait substitué au terme acide mono, bi- et tribasique, le terme acide mono, bi- et triatomique.

Nolf (5) distingue deux genres de valence : l'homo-valence et l'allo-valence, suivant que les atomes se combinent à eux-mêmes ou à d'autres éléments. Cette distinction nous semble superflue, elle se trouve dans de nombreux cas en contradiction avec les faits ; pour plusieurs éléments en effet l'identité des différentes valences semble démontrée.

Wyroubow (6) distingue l'atomicité et la valence moléculaire. L'atomicité est la valence maximum d'un atome : dans la combinaison M(OH)n, n est la valence maximum ou atomicité. Mais l'énergie propre des différents constituants de la molécule n'étant pas épuisée, elle peut se combiner à de nouveaux atomes ou à de nouvelles molécules : il y a donc une seconde valence maximum, c'est la valence moléculaire.

La distinction proposée par Wyroubow ne s'accorde pourtant pas avec les faits : on est obligé d'admettre que les composés dits « moléculaires » résultent d'affinités qui ne diffèrent guère des affinités atomiques.

Werner, Abegg, Spiegel, Arrhenius, Friend, etc., étudient la valence dans ses différentes variations et proposent également des dénominations spéciales ; nous les rapporterons dans l'exposé de leurs théories.

(1) *Molekülverbindungen*, 1872, p. 15.
(2) Ann. Chim. et Phys. (3) 13, 142.
(3) Ann. Chim. et Phys. (3) 55, 400.
(4) *Leçons élémentaires de chimie*, 1853, p. 331.
(5) Chem. Zeit., 29, 174.
(6) Ann. Chim. et Phys. (8) 13, 523.

II

THÉORIES DE LA VALENCE

Les théories de la valence sont fort nombreuses, dans ces dernières années surtout elles se sont considérablement développées sans cependant donner aux problèmes qui s'y rattachent une solution complète.

Pour exposer ces théories il est nécessaire de les classer : un grand nombre d'entre elles se rapportent à la valence considérée en elle-même dans sa nature et dans son mode et ses limites de variation ; elles sont nées, en général, du besoin d'expliquer d'une façon unitaire tous les composés chimiques, elles se rapportent donc surtout aux combinaisons dites « moléculaires », auxquelles à la suite de Kékulé on avait attribué une place spéciale.

D'autres théories cherchent à rapprocher la valence d'une autre propriété ou d'une constante de l'atome ou de l'ion. Le système périodique de Mendeleeff pourrait être considéré comme la première tentative dans cette voie : c'est certes celui qui a rendu le plus de services.

Les autres théories de ce genre, quoique présentant souvent des résultats très frappants, ne sont pas susceptibles d'une application assez générale : elles nécessitent l'intervention de nombreuses hypothèses secondaires pour se trouver en conformité avec les faits.

Nous nous occuperons d'abord des théories qui envisagent la valence comme une fonction d'une autre propriété de l'atome et nous signalerons en même temps les principales relations trouvées dans cette voie.

§ 1. — *Le système périodique des éléments*

La notion de poids atomique une fois établie, il était tout indiqué de rechercher une relation entre ceux-ci et l'ensemble des propriétés des éléments. Aussi n'est-il pas étonnant de voir dès 1815, c'est-à-dire cinq ans après l'établissement de la théorie atomique par Dalton, Prout émettre une première hypothèse au sujet des valeurs numériques des poids atomiques : les poids atomiques de tous les éléments sont des multiples du poids atomique de l'hydrogène. Cette hypothèse qui eut son temps de vogue fut définitivement rejetée à la suite des travaux de Stas. Il n'est cependant pas inutile d'insister sur l'hypothèse de l'unité de la matière, puisque de nombreuses fois elle fut reprise sous des formes plus ou moins modifiées.

Les conceptions électroniques de la physique moderne, la nature matérielle de l'émanation, la formation d'Hélium de Néon ou d'Argon aux dépens des substances radiactives et tous les faits qui se rapportent à la dégradation et à la transmutation des éléments, ont mis de nouveau en vedette la vieille hypothèse et actuellement on peut concevoir les éléments comme des formes plus ou moins différenciées d'une matière initiale unique qui est peut-être l'éther lumineux.

L'hypothèse de l'unité de la matière sous une forme encore assez grossière fut donc le premier essai d'une classification des éléments basée sur leurs poids atomiques.

D'autres essais du même genre se succèdent rapidement. En 1829 Doebereimer (1) constate l'existence de certaines triades d'éléments très voisins par l'ensemble de leurs propriétés physiques et chimiques et

(1) Pogg. Ann. XV, 301.

où le poids atomique de celui qui occupe le centre de la triade est égal à la moyenne arithmétique des poids atomiques des deux autres. Ces triades sont par exemple : Cl, Br, Io ; Ca, Sr, Ba ; S, Se, Te... etc.

Plus tard on divise ces triades en deux classes : dans l'une se trouvent les éléments dont les poids atomiques présentent des différences presque égales, dans l'autre les éléments dont les poids atomiques sont approximativement égaux ; les membres de ces triades forment de véritables familles naturelles. C'est à Pettenkofer (1) que l'on doit cette nouvelle division. Après lui d'autres encore s'occupèrent de ces relations : il faut citer les noms de Dumas, Gladstone, Cook et Odling, mais leurs travaux n'amenèrent rien de définitif pour une classification rationnelle des éléments. La classification de Dumas (2) est essentiellement basée sur l'atomicité : l'hydrogène et le chlore étant considérés comme monoatomiques les éléments étaient rangés en groupes mono-, bi-, triatomiques selon qu'ils exigeaient 1, 2, 3, atomes de chlore ou d'hydrogène pour former des composés saturés.

On ne peut passer sous silence l'ingénieux essai de classification de De Chancourtois connu sous le nom de « vis tellurique ». Il a été publié en 1862.

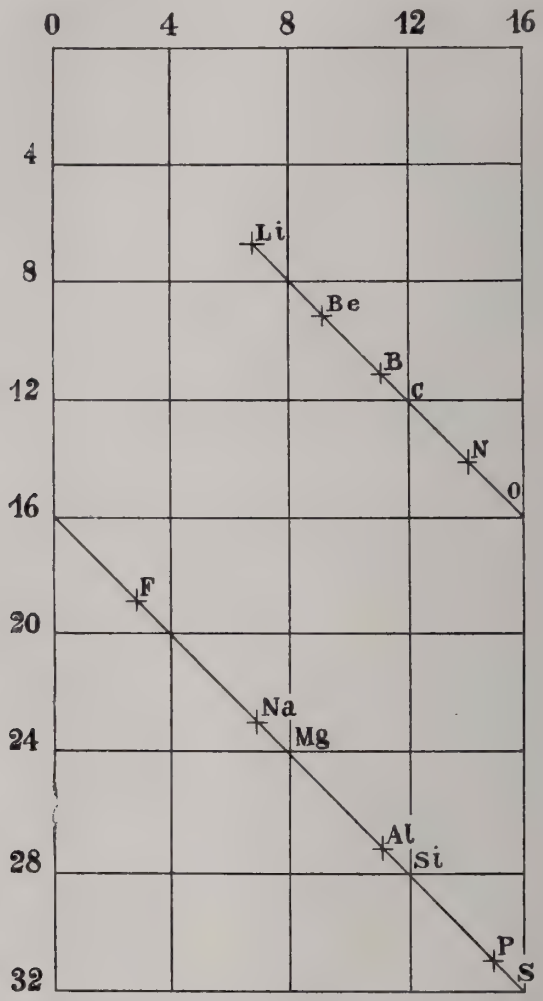
La figure représentative est une ligne hélicoïdale qui se développe sur un cylindre et fait avec son axe un angle constant de 45°.

Les « nombres caractéristiques » des éléments, c'est-à-dire leurs poids atomiques sont portés en ordonnées ; la seizième partie d'un tour complet de l'hélice est prise comme unité. (Fig. 3).

En 1863, Newland (3) rangeant les éléments par ordre de leurs poids atomiques, reconnut qu'à des

(1) Ann. Chem., 105, 187.
(2) R. R., 45, 709 et 46, 951.
(3) Chem. News., 10, 59 et 94 ; et 13, 113.

intervalles déterminés reparaissaient des éléments très voisins. C'est ainsi qu'il fut amené à émettre sa



Vis Tellurique

Fig. 3.

fameuse loi des Octaves. Ses travaux n'obtinrent aucune

considération, c'est à Mendeleeff (1) et à L. Meyer (2) qu'était réservé de faire ressortir l'importance de ces relations et tous les avantages que l'on pouvait en tirer. Leurs travaux complètement indépendants conduisirent à la même conclusion : les propriétés des éléments sont des fonctions périodiques de leurs poids atomiques.

Ces systèmes sont trop connus pour qu'il nous soit permis d'y insister, nous voulons cependant reproduire ici le tableau primitif de Mendeleeff pour qu'il soit

Système périodique de Mendeleeff.

Li	Na	K	Cu	Rb	Ag	Cs	—	Tl
7	23	39	63,4	85,4	108	133	—	204
Be	Mg	Ca	Zn	Sr	Cd	Ba	—	Pb
B	Al	—	—	—	U	—	—	Bi ?
C	Si	Ti	—	Zr	Sn	—	—	—
N	P	V	As	Nb	Sb	—	Ta	—
O	S	—	Se	—	Te	—	W	—
F	Cl	—	Br	—	J	—	—	—
19	35,5	58	80	100	127	160	190	220

Tableau primitif

FIG. 4.

possible de suivre les modifications successives que l'on a été obligé d'y apporter.

Les difficultés qui se sont élevées contre le système périodique sont, d'après Werner (4), de deux genres :

1. Les propriétés de certains éléments ne correspondent pas aux propriétés des éléments à côté desquels ils se trouvent placés en raison de leurs poids atomiques. Les propriétés de ces éléments correspondent

(1) ANN. CHEM. SUPPL. 7. 354.
(2) ZEIT. CHEM. 5. 405. ANN. CHEM. SUPPL. 8. 133.

souvent aux propriétés d'éléments qui les précèdent ou les suivent à une certaine distance, de telle sorte que pour obtenir une véritable classification naturelle il faut sacrifier l'ordre des poids atomiques.

Jusqu'à présent c'est à quatre places différentes du système périodique que l'on a constaté ces irrégularités.

Ar	K	Co	Ni	Io	Te	Nd	Pr
40	39	59	59	128	127	144	140
1		2		3		4	

Werner (1) les classifie en constatant que les irrégularités 3 et 4 sont la reproduction des irrégularités 1 et 2. Le premier cas se trouve à l'extrémité de la deuxième période, le troisième à l'extrémité de la quatrième période. Dans les cas 2 et 4 de l'interchangement Co — Ni et Nd — Pr les sels hydratés roses de Co correspondent aux sels roses de Nd ; les sels verts de Ni aux sels verts de Pr.

On a cherché par des hypothèses nombreuses à attribuer à ces éléments une place normale ; que de fois n'a-t-on pas admis l'existence d'éléments étrangers souvent encore inconnus, qui leur auraient été mélangés ! Il ne nous est pas possible de retracer l'historique de ces travaux. Comme les déterminations analytiques pour chacun de ces éléments sont très nombreuses et concordent en général fort bien, nous sommes obligés d'admettre que ce sont là de véritables exceptions à la loi périodique.

2. La seconde difficulté, c'est qu'il a fallu introduire dans ce système un grand nombre d'éléments nouveaux. La découverte des gaz inertes par Ramsay, fut, il est vrai, une confirmation de la classification de Mendeleeff, en ce sens que l'introduction de la classe à valence O a complété et rendu plus symétrique le système et que les gaz inertes sont un terme intermédiaire parfait entre les éléments négatifs monovalents et les alcalins électro-positifs. Mais la classification rationnelle des métaux du groupe du fer et des terres rares paraît cependant impossible, du moins dans l'esprit étroit du système. C'est parce qu'on a voulu ranger tous les éléments dans un cadre trop étroit que cette classifi-

(1) *Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorg. Chem.*, 2 éd., p. 3.

cation n'a pas rendu tous les services que l'on pouvait en attendre.

Biltz (1) et Brauner (2) ont trouvé la difficulté en classant certains éléments en groupes et en leur attribuant ainsi une place unique dans les familles naturelles : cette classification est opposée pourtant à la pensée directrice du système périodique, puisqu'elle attribue à un groupe d'éléments une place à part en ne mettant pas en relief leurs rapports avec les autres éléments. Werner (3) conçoit la classification d'une façon beaucoup plus large ; pour la systématique des éléments on ne peut considérer que leurs caractères essentiels, toutes les analogies éloignées devant être absolument écartées, étant donné que des éléments sans aucune parenté directe peuvent également présenter entre eux certaines analogies.

Le système de Werner est formé d'un certain nombre de périodes revenant par paires et contenant chaque fois plus d'éléments ; il y a quatre sortes de périodes :

1) Une petite période dont on ne connaît que l'H et He.

2) Les deux périodes de Li et du Na renfermant chacune huit éléments.

3) Les deux périodes du Cs et du Ru. En se basant sur une série de considérations sur la nature et les poids atomiques des éléments encore inconnus, Werner arrive à la conclusion que ces deux dernières périodes doivent renfermer chacune 33 éléments.

La classification de Werner ne peut cependant que nous laisser rêveurs : non seulement elle présente quelques places isolées qui attendent la découverte d'éléments nouveaux, mais presque une période entière reste encore à découvrir.

Pour Traube (4) le système périodique n'est pas assez élastique ; est-ce même une amélioration du système de Pettenkofer? Dans beaucoup de cas des éléments très voisins se trouvent éloignés les uns des autres : par ex. : Be et Al, Bo et Si, Cu et Hg, Fe et Al. Au point de vue de la valence, ce système est également arbitraire : l'azote peut être aussi bien trivalent que pentavalent, le soufre aussi bien bi- que tétra- et hexavalent... etc. Le grand défaut du système est la place tout à fait fixe qui est assignée à un élément donné. Traube propose une classification basée sur le volume atomique : elle est moins exclusive et la variation de la place d'un élément dans ce nouveau système constituerait un grand avantage.

Ditte (5) considère le système périodique comme « une généralisation empirique », la relation entre les propriétés des corps et leurs poids atomiques devant être une fonction compliquée de plusieurs variables.

Pour Berthelot (6) ajouter à la série du lithium l'hydrogène en tête, et à la fin le cuivre, l'argent et l'or, « touche à la fantaisie ».

(1) Ber , 35, 562.

(2) Zeit. annal. chem., 32, 1.

(3) *Loc. cit.*, p. 7.

(4) Traube, *Grundriss Phys. Chem.*, 1904, p. 49; et Zeit. Anorg. chem., 8, 77, Ber. 27, 2179.

(5) *Introduction à l'étude des métaux*, Paris, 1900, p. 469.

(6) *Origines de l'Alchimie*, p. 310.

On oublie cependant trop dans ces critiques les services incontestables rendus par cette classification; on oublie aussi que des éléments prévus et décrits par Mendeleeff ont été obtenus ultérieurement avec toutes les propriétés qui leur avaient été assignées. Ce ne sont pas là de simples coïncidences. Il existait un vide entre le zinc et l'arsenic; Mendeleeff a appelé éka-aluminium un élément qui devra occuper cette place; son poids atomique sera 68, son oxyde sera du type R_2O_3, il formera un sesqui-sulfure insoluble dans les sulfures alcalins, le métal ne sera pas oxydable à l'air, sa densité sera 5.9, son oxyde soluble dans les acides forts pourra donner un alun plus soluble que celui de l'aluminium. Toutes ces propriétés reviennent au Gallium découvert par Lecoq de Boisbaudran.

Le Scandium que Mendeleeff avait également décrit avec toutes ses propriétés est venu occuper la place de l'ékabore.

Il en est de même du Germanium qui a remplacé l'ékasilicium annoncé.

Parmi les travaux qui ont mis en évidence un rapport étroit entre la valence d'un atome et une de ses propriétés, il faut citer en première ligne ceux de Faraday.

La loi de Faraday découverte en 1833 peut s'exprimer ainsi : il faut 96540 coulombs pour libérer par électrolyse un équivalent électrochimique d'un atome ou d'un radical quelconque; l'équivalent électrochimique étant le poids atomique, ou le poids moléculaire du radical, divisés par leur valence.

La valence d'un atome ou d'un radical revêt donc ainsi un sens très précis, elle correspond toujours à la même charge électrique de 96540 coulombs.

En 1882 Schultze (1) a mis en évidence une relation entre l'action floculante exercée par un ion sur une fausse solution et sa valence. En donnant la valeur 1 à la concentration d'un ion trivalent nécessaire pour troubler une fausse solution, la concentration nécessaire en ion bivalent pour produire le même effet sera environ 30, en ion monovalent plus que 1000.

Cette règle n'est cependant pas absolue. Le tableau suivant donne en unités arbitraires le pouvoir floculant comparé des ions positifs, Na, Mg et Al pour les fausses solutions négatives.

	$Al^{\cdot\cdot\cdot}$	$Mg^{\cdot\cdot}$	$Na^{\cdot}$
Sulfure d'arsunic	1	38	1040
Sulfure d'antimoine	1	35	1023
Ferrocyanure de cuivre	1	70	667

Le pouvoir floculant des anions vis-à-vis des fausses solutions positives suit la même règle, les expériences sont cependant moins nombreuses.

	SO_4^{--}	Cl^-
Hydrate ferrique	1	46

Il faut remarquer que dans beaucoup de cas cette règle de valence n'a plus guère de signification.

L'étude de certaines propriétés physiques a permis à Traube, à Drude et à Walden d'établir des relations fort intéressantes pour la valence.

Traube (2) trouve une relation entre le volume moléculaire et la valence. Il distingue les trois notions de volume que voici :

Le covolume moléculaire exprimé par v-b dans l'équation de Van der Waals.

Le volume atomique externe : volume occupé dans les molécules par les atomes plus le volume d'éther associé, on le désigne par b.

Le volume atomique interne : volume occupé par les atomes. Le volume atomique externe diminué du volume atomique interne donne le covolume atomique occupé par les électrons.

(1) Cfr Dutoit, *Diction. de Wurtz*, 2me suppl. VII, 519.
(2) Ann. d. Physik. (4). 5. 552. Ber. 40. 734.

D'après la théorie de Clausius, Mosotti, Exner, le volume atomique interne trouve une expression dans la réfraction moléculaire.

$$\frac{n_2 - 1}{n_2 + 2} \cdot \frac{M}{D}$$

D'après Van der Waals, b est environ quatre fois plus grand que le volume atomique interne et en réalité b est toujours trois et demie à quatre fois plus grand que la valeur de la réfraction moléculaire.

Cela étant, on peut établir que dans les composés organiques formés de C, H, O, N, Ph, Bo, Fl, Cl,... etc., la réfraction moléculaire divisée par le nombre de valences mises en action donne toujours un nombre sensiblement constant : 0.787 ; Traube l'appelle « stère de réfraction ». Dans ses calculs il admet pour les valences les valeurs numériques que voici :

$$C = 4 ; H = 1 ; O = 2 ; Fl = 1 ; Cl = 7.$$

Il y a des exceptions à cette règle, mais elles ne sont qu'apparentes en ce sens qu'elles se rapportent aux combinaisons associées, où le nombre de valences mises en action est plus considérable, et aux combinaisons cycliques. On peut donc dire que dans les combinaisons organiques les réfractions des atomes sont dans des rapports simples et multiples, déterminés par leur valence. Une preuve en est que les combinaisons à même nombre de valences ont sensiblement la même réfraction moléculaire.

La physique moderne admet qu'à chaque partie de l'atome où prend naissance une valence se trouve un électron ou une somme d'électrons, que Traube désigne sous le nom de valon, en raison de la signification de la réfraction moléculaire, on aura la loi que voici : dans les combinaisons organiques les volumes atomiques internes sont dans des rapports simples et multiples, et ils sont entre eux comme le nombre des valons des atomes. Si l'on admet avec Thomson que les atomes eux-mêmes sont formés d'électrons ou de valons, on peut dire que dans les combinaisons organiques du moins le volume occupé par un valon est toujours le même ; c'est la loi d'Avogadro transportée à l'atome.

Le chlore avec sa valence égale à 7 stères est intéressant, il est heptavalent vis-à-vis d'éléments électronégatifs, mais vis-à-vis d'éléments électropositifs il est monovalent. Traube admet que l'un des valons est plus énergique que les autres, soit qu'il le soit à priori, soit qu'une différenciation se fasse ultérieurement à la suite de leur mise en action.

L'observation de Traube est certes des plus intéres-

santes et elle montre une relation évidente entre le volume d'un atome et la valeur numérique de sa valence. Ces considérations ont servi de base à une nouvelle classification des éléments : Traube propose de considérer les propriétés des éléments comme fonction de leur volume atomique (1).

Walden (2) trouve une relation quantitative entre la somme des valences d'une molécule et ses constantes capillaires. Celles-ci sont de deux genres : la tension superficielle γ et la cohésion spécifique a^2 qui sont reliées par l'expression $\gamma = \frac{1}{2}a^2d$, où d est la densité à la température de l'expérience. Introduisant la notion de cohésion moléculaire, Walden montre que pour différentes substances formées de C, H, O, N... etc. ces constantes sont en général directement proportionnelles au nombre de valences mises en action et que les cohésions atomiques des éléments $\overset{1}{H}$, $\overset{2}{O}$, $\overset{3}{N}$ et $\overset{4}{C}$, sont entre elles comme leurs valences et se trouvent par conséquent dans les rapports de 1 : 2 : 3 : 4 :

La cohésion moléculaire peut être approximativement mise sous la forme $M^2 = 11.5n$ où n représente la somme des valences mises en action dans la molécule.

La cohésion moléculaire est donc une propriété additive, elle subit cependant des influences constitutives.

La valence des halogènes, du soufre.., etc., déterminée au moyen de la formule $\frac{M^2}{11.5}$ donne les valeurs que voici :

Br = 14	Cl = 10	Io = 18
S = 11	NO = 18	CN = 10

Il n'est pas inutile de faire remarquer que Traube par la stère de réfraction est amené à donner aux halogènes les valences :

(1) Zeit. anorg. chem., 8, 67 et 40, 372.
(2) Zeit. phys. chem., 65, 257.

Br = 11 Cl = 7 Io = 17 Se = 13

Il faut donc conclure que les volumes atomiques de ces éléments aussi bien que leurs cohésions atomiques sont plus grands que leurs valences maxima.

La relation trouvée par Drude (1) est également intéressante. Les propriétés optiques sont en relation avec le nombre d'électrons d'un composé ; le nombre d'électrons optiquement actifs dans une molécule est en général égal à la somme des valences ou liaisons qui y sont mises en action.

Si on désigne par p la somme des électrons qui dans la molécule ont une influence sur les propriétés optiques et que l'on peut calculer au moyen de la dispersion, si l'on représente par c/m le rapport de la charge des électrons à leur masse et par v la valence, l'expression p.c/m : v a une valeur assez constante. Pour les dérivés du méthane les valeurs ainsi calculées oscillent entre 1. 1 et 1. 2. 10^7.

Cuthbertson (2) est arrivé à vérifier cette relation pour l'hydrogène, l'oxygène, l'azote et le soufre, et Natanson (3) a pu aussi démontrer dans certains cas l'exactitude de cette relation.

Peters (4) part de considérations au sujet du coefficient $\frac{Cp}{Cv}$. Si à une température donnée deux gaz pluriatomiques ont un même coefficient $\frac{Cp}{Cv}$, cela revient à dire que le rapport de l'augmentation de l'énergie interne à l'énergie totale est le même. Puisque d'après Wullner (5) pour de tels gaz la variation du rapport $\frac{Cp}{Cv}$ avec la température est toujours identique, il s'en-

(1) Ann. der Physik, (4) 14, 677 et 936.
(2) Proceed. of the Roy. Soc., 83.
(3) Zeit. phys. chem., 61, 321.
(4) Zeit. Elektrochem, 13, 657.
(5) Ann. der Physik (4), 4, 321.

suit qu'à toute température le rapport de l'énergie interne à l'énergie totale reste le même.

Si de plus le nombre d'atomes et la chaleur moléculaire sont égaux pour ces deux gaz, ils auront la même énergie totale, la même énergie interne et la somme des valences mises en action par les atomes sera également la même. En effet, si deux molécules formées d'un nombre égal d'atomes de différente nature ont une égale énergie interne, les vitesses d'oscillation et leur amplitude, en un mot la distance des atomes dans la molécule sera la même ; mais plus les atomes sont éloignés, moins leurs affinités se font sentir et moins ils mettent de valences en action. On a donc la règle suivante : si deux ou plusieurs gaz ont le même nombre d'atomes, la même chaleur moléculaire et le même coefficient $\frac{Cp}{Cv}$, les sommes des valences mises en action sont identiques.

Les faits expérimentaux confirment en général cette règle. Capstik (1) avait proposé une règle analogue en disant que des gaz isomères doivent avoir le même coefficient $\frac{Cp}{Cv}$ et que celui-ci ne varie pas lorsque dans une combinaison il y a substitution par un élément très voisin.

Woodiwiss (2) trouve une relation entre les poids spécifiques des éléments à basse température et leur valence. Il introduit la notion de densité monovalente qui est le quotient de la densité par la valence.

Dans un diagramme où l'on porte en abscisses les poids atomiques et en ordonnées les densités monovalentes, il se fait qu'en général les éléments voisins

(1) Proceed. Roy. Soc., 57, 323.
(2) Chem. News., 97, 122 et 265.

se trouvent sur une même droite qui coupe l'axe des abscisses au point qui correspond à l'hydrogène : il en résulte que les densités monovalentes croissent assez régulièrement avec le poids atomique.

Les métaux légers sont de cette façon nettement séparés des métaux lourds, mais il faut donner au cuivre et aux métaux voisins la valence 7.

Carl Wagner (1) signale une relation entre la constante de dissolution d'un sel et le produit des valences de ses ions.

Pourvu qu'on opère dans des conditions constantes de température, de surface de contact des deux phases et d'agitation du liquide, la vitesse de dissolution de substances assez peu solubles suit la loi de Nernst-Brunner qui peut se mettre sous la forme :

$$\frac{dc}{dt} = \frac{A}{v}(C - c)$$

ou

$$A = \frac{v}{t} \ln \frac{C}{C - c}$$

C et c sont respectivement les concentrations de la solution saturée et de la solution actuelle, t le temps et v le volume. A pour des conditions d'expérimentation identiques prend une valeur constante, c'est la constante de dissolution.

Wagner a trouvé que la règle suivante se vérifiait en général : le produit de la constante de dissolution du sel par le produit des valences de ses ions est constant.

Produit des valences :	1	2	4
Constante de dissolution :	0,16	0,08	0,034

(1) Zeit. phys. chem., 71, 401.

Nous devons nous arrêter plus longuement à l'exposé de la théorie de Barlow et Pope (1), d'après laquelle la valence serait fonction du volume atomique. Voici l'hypothèse fondamentale : Chaque atome occupe une portion déterminée d'espace et exerce une influence uniforme dans toutes les directions. La molécule formée de ces atomes a sa constitution déterminée par la disposition des atomes ou de leurs sphères d'influence. L'assemblage qui en résulte doit sa stabilité à la mise en action de deux forces de sens contraire : une force d'attraction de même nature que la gravité, une force de répulsion due à l'énergie cinétique des atomes. Les sphères d'influence atomique tendront, en raison des forces attractives, à augmenter autant que possible leur surface de contact si bien que la molécule occupera le volume minimum.

La valence est un mode d'interprétation des propriétés géométriques de ces assemblages de sphères d'influence atomique qui constituent les molécules. On s'en rendra compte par les considérations suivantes :

Si dans un assemblage atomique constituant la molécule on remplace par d'autres un certain nombre de sphères atomiques de telle façon que le nouvel assemblage conserve la disposition générale du premier et sa densité, c'est-à-dire le même état de compression des sphères, le volume total n'aura pas varié. Représentons-nous trois molécules adjacentes de benzène et considérons trois sphères d'hydrogène dont chacune correspond à une molécule différente. Si l'on forme la triphenylamine en remplaçant ces trois sphères d'hydrogène par une sphère d'azote, on voit que pour que l'assemblage primitif des trois molécules adjacentes conserve sa forme initiale, la sphère d'azote doit être trois fois plus grande qu'une sphère d'hydrogène.

(1) Trans. chem. Soc., 89, 1675. Proceed. chem. Soc., 22, 264. Chem. News, 96, 79 et 90.

La valence est donc directement proportionnelle au volume de la sphère d'influence atomique.

Il faut cependant observer dès maintenant que les nombres entiers par lesquels on représente la valence ne sont pas toujours entre eux comme les volumes des sphères d'influence : ce ne sont que des approximations. De plus les rapports des volumes des sphères d'influence peuvent varier suivant les conditions : sous des effets thermiques par exemple. Enfin, en passant d'une combinaison à une autre la dimension d'une sphère atomique peut se modifier. Un exemple de ce fait nous est donné par l'examen du volume moléculaire et du rapport des paramètres cristallographiques dans K_2SO_4 et Cs_2SO_4.

K_2SO_4	$VM = 64.91 = a : b : c = 0.5727 : 1 : 0.7418$
Cs_2SO_4	$VM = 84.58 = a : b : c = 0.5712 : 1 : 0.7513$

Le volume moléculaire est de $\frac{1}{3}$ plus grand dans Cs_2SO_4, et pourtant le rapport des axes n'a pas varié. Cela se comprend en admettant que la substitution du Cs au K dilate toute la molécule du volume 64.97 au volume 84.58, es différentes sphères atomiques conservant cependant des rapports identiques entre elles.

Nous pouvons donc conclure que le volume occupé par les atomes dans une molécule est donné approximativement par la somme de leurs valences. Ce volume est appelé volume-valence et représenté par W.

Nous pouvons discuter maintenant en nous basant sur ces notions l'équivalence des sphères atomiques, leur multivalence et les relations entre radicaux équivalents de différent volume-valence.

Équivalence des sphères atomiques

Soit un assemblage de sphères constituant une molécule : une ou plusieurs sphères peuvent être éliminées laissant ainsi un vide que l'on peut combler par une autre série de sphères ; si celles-ci possèdent le même volume que les sphères précédentes, le nouvel assemblage aura la même configuration que celui qui lui a donné naissance. Cela revient à dire que si dans une molécule on remplace un atome ou une série d'atomes par d'autres appartenant aux mêmes groupes du sys-

tème périodique, on aura un composé de la même forme cristalline : on comprend ainsi les relations étroites, qui existent entre l'isomorphisme et la valence.

Les relations étroites de structure cristalline entre les composés suivants sont très instructives à ce sujet :

1.	NH_4IO_3	$NH_4IF_2O_2$
2.	$C_6H_4 \langle \begin{matrix} SO_2Cl \\ COCl \end{matrix}$	$C_6H_4 \langle \begin{matrix} CCl_2 \\ SO_2 \end{matrix} \rangle O$
3.	$C_6H_4 \langle \begin{matrix} COOH \\ COOH \end{matrix}$	$C_6H_4 \langle \begin{matrix} COOH \\ SO_3H \end{matrix}$
4.	$C_6H_5 - COOH$	$C_6H_5 - SO_3H$
5.	$CH_2 \langle \begin{matrix} COOH \\ SO_3H \end{matrix}$	$CH_2 \langle \begin{matrix} SO_3H \\ SO_3H \end{matrix}$

Les trois derniers exemples montrent que si dans un composé organique l'atome de carbone, de valence 4, est remplacé par un atome de soufre et un atome d'oxygène, la structure cristalline de l'assemblage reste la même. Barlow et Pope en concluent que dans les acides sulfoniques le soufre est bivalent (?).

L'équivalence des sphères atomiques est très caractéristique dans l'exemple que voici : si dans le benzène on remplace un atome d'hydrogène par un atome de chlore, les deux éléments ayant la même valence el par conséquent approximativement des sphères de même grandeur, la variation produite dans les dimensions cristallographiques sera très petite. Il en est de même si on remplace successivement tous les atomes d'hydrogène pour obtenir les dérivés hexahalogénés. Le tableau suivant fait ressortir cette équivalence :

C_6H_6	$x : y : z = 3.100 : 3.480 : 2.780$
C_6Cl_6	$x : y : z = 3.016 : 3.587 : 2.772$
C_6Br_6	$x : y : z = 3.018 : 3.609 : 2.758$

Ces dimensions moléculaires sont données en fonction des « paramètres équivalents » x, y et z calculés au moyen des rapports axiaux et du volume-valence.

Relations entre radicaux équivalents de différent volume-valence

Chaque sphère atomique dans l'assemblage moléculaire se trouve en contact immédiat avec un certain nombre d'autres sphères qui lui constituent une véritable enveloppe. Si une sphère déterminée se trouve remplacée par une autre de plus grande dimension, il

se formera dans l'enveloppe une ou plusieurs cavités. Si une sphère de volume m (atome de valence m) est remplacée par une sphère de volume m + n (valence m + n), la cavité formée peut être comblée par une ou plusieurs sphères de volume total n et l'assemblage pourra reprendre une forme très semblable à sa forme primitive.

Comparons à ce sujet la formation aux dépens du benzène de la triphénylamine et du triphényl-méthane.

Dans le premier cas les sphères correspondant à trois atomes d'hydrogène sont remplacées par la sphère de l'azote qui leur est égale, il n'y a pas de modification. Mais si ces trois sphères sont remplacées par une sphère plus grande que celle de l'azote, par celle du carbone, l'élargissement de la cavité conduit à la formation dans l'enveloppe d'un interstice qui correspond à une sphère d'hydrogène. Ce mode d'interprétation s'applique également aux relations cristallographiques si étroites qui existent entre $NaNO_3$ et $CaCO_3$ rhomboédriques et KNO_3 et $CaCO_3$ orthorhombiques.

La multivalence

Pour un grand nombre d'éléments à valence variable, la variation correspond à deux unités.

Le phosphore et l'azote sont tri- et pentavalents, le soufre di-, tétra- et hexavalent... etc. Barlow et Pope expliquent ce fait assez curieux de la façon suivante : si dans un assemblage moléculaire nous considérons une sphère de volume m ou de valence m et si nous la remplaçons par une sphère de volume m + 1, il se formera dans l'enveloppe de la sphère une cavité correspondant au volume 1. L'atome de valence m est donc remplacé par un système de valence m + 2.

Mais comment se fait-il alors que l'on puisse avoir des séries telles que $MoCl_2$, $MoCl_3$, $MoCl_4$ et $MoCl_5$?

Nous avons vu précédemment que tous les atomes de même valence n'ont pas exactement le même volume. Dans une colonne verticale du système périodique il y a un changement de volume qui n'est cependant pas suffisant pour changer la valence de toute une unité. Si donc des atomes dont le volume est exactement égal à l'unité se trouvent combinés à des atomes dont le volume est intermédiaire entre deux nombres entiers, il est clair que l'on pourra obtenir les assemblages les plus variés dans lesquels les nombres

d'atomes univalents ne diffèrent pas nécessairement de deux unités. C'est le cas pour le Molybdène, l'Indium, le Gallium, le Thallium... etc.

Le Bas (1) a constaté une relation entre les volumes atomiques des paraffines et des alcools à leur point de fusion et la valence. Cette relation trouve une interprétation dans la théorie de Barlow et Pope. Les données expérimentales montrent que l'on peut représenter les volumes moléculaires des paraffines par la formule $M.V = 6nS + 2S$ où S est une constante égale à 2.79, et n le nombre d'atomes de carbone; S est la mesure du volume hydrogène : en raison de sa valence le volume de l'atome de carbone est donné par 4S. On peut obtenir la valeur de S en divisant la différence des volumes moléculaires de deux paraffines homologues par 6, nombre qui correspond aux valences du groupe CH_2. Pour les alcools, jusqu'à l'alcool heptadécylique le volume moléculaire est donné par la formule : $M.V = 6NS + 4S$, le volume de l'oxygène, en raison de sa valence, ayant la valeur 2S.

Le Bas (2) a encore trouvé une autre relation du même genre. De la chaleur de combustion des hydrocarbures on peut déduire que la valence a d'étroites relations avec l'énergie atomique. La chaleur de combustion en effet est une résultante de la chaleur de dissociation d'une combinaison en ses atomes et de la chaleur de combustion de ces atomes produits de la dissociation. La chaleur de dissociation est en général négligeable par rapport à la chaleur de combustion ; on peut s'en convaincre en considérant que les polymères et leurs produits de dissociation ont approximativement la même chaleur de combustion.

Pour les hydrocarbures les chaleurs de combustion sont données assez exactement par la formule :

(1) Proceed. chem. Soc., 22, 322.
(2) Proceed. chem. Soc., 23, 134.

$$(6n + 2)C \text{ ou } WC.$$

C est une constante, c'est la chaleur de combustion d'un atome d'hydrogène. La chaleur de combustion du carbone est, en raison de sa valence, égale à 4C. La valeur numérique de C peut de nouveau se déterminer en divisant par 6 la différence de chaleur de combustion de deux paraffines homologues.

Billitzer (1) fait ressortir une relation purement qualitative entre la valence et la volatilité. Dans les séries verticales du système de Mendeleeff la valence diminue avec la volatilité. Cette règle concerne la somme des unités d'action chimique mises en action par un élément vis-à-vis de l'oxygène, du chlore, etc.

Voici quelques exemples :

1er Groupe

	Li	Na	K	Rb	Cs	Cu	Ag	Au
Fusion :	180°	97°	62°	38	26°	1084°	971°	1072°
Volatilis :	—	742°	667°	—	270°			

Les métaux alcalins sont monovalents, Na et K donnent des superoxydes, mais ils y fonctionnent comme éléments monovalents. Les trois autres métaux moins fusibles sont plurivalents.

Exemple :	Cu_2O	CuO	Cu_2O_3
	Ag_4O	Ag_2O	AgO
	Au_2O	AuO	Au_2O_3

Le cuivre le moins fusible fonctionne avec le plus de valences ; si l'oxyde AgO a déjà à 300° une tension de dissociation très considérable, l'oxyde CuO au contraire n'a à cette température qu'une tension de dissociation très faible.

2me Groupe

	Zn	Cd	Hg	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Fusion	412°	320°	— 39°	400°	7 à 800°	760°	—	—

Les trois premiers sont intéressants. Zn et Cd sont bien bivalents mais, Hg qui est le plus volatil forme des combinaisons où il ne met en action qu'une seule valence.

3me Groupe

	Ga	In	Tl	Bo	Al	Sc	Y	La
Fusion	03°	176°	290°	très haut	700	—	—	—

(1) MONATH. F. CHEM., 25, 763.

Bo, Al, et Sc, sont trivalents, mais les éléments plus fusibles forment des combinaisons très variées.

Ga Cl	$Ga\,Cl_2$	$Ga\,Cl_3$	$Ga_2\,O_3$	
In Cl	$In\,Cl_2$	$In\,Cl_3$	$In_2\,O_3$	
Tl Cl	$Tl\,Cl_2$	$Tl\,Cl_3$	$Tl_2\,O$	$Tl_2\,O_3$

etc.

Sedwick et Healy proposent des modes de représentation de la valence en rapport avec la forme ou la constitution des atomes. Le premier admet (1) que les atomes des éléments inactifs sont sphériques tandis que les atomes des éléments mono, bi, tri... valents correspondent à des sphères ayant perdu un, deux, trois.., segments. Il est impossible de soutenir une pareille conception.

Pour Healy (2) l'atome a une forme cubique et 8 champs de force de nature quelconque sont disposés dans l'espace aux angles du cube ; il suppose qu'il y en a quatre d'une polarité donnée qui correspondent aux quatre sommets d'un tétraèdre et que les quatre autres de polarité inverse, mais de même énergie se trouvent au sommet d'un tétraèdre inverse : la somme algébrique des huit champs de force sera zéro. Si la charge d'un des champs de force devient double de sa valeur initiale, la valeur effective de la résultante ne sera plus zéro mais aura une valeur déterminée m. Si les trois autres champs de force de même polarité acquièrent successivement une valeur double, la résultante deviendra 2m, 3m, 4m. Si les champs de force de polarité inverse acquièrent également une force double, la résultante prendra de nouveau les valeurs 3m, 2m, 1m, et zéro. On peut faire le même raisonnement en triplant, quadruplant, etc., la valeur initiale des champs de force et on aura la même succession pour la valeur de la résultante : c'est aussi la succession des valences dans le système périodique.

Pour Sperber (3) la valence est fonction du poids atomique et de la direction suivant laquelle les atomes entrent en combinaison.

Quelle que soit la forme d'un atome, on peut se représenter sa masse par une droite (en grandeur et direction). Deux masses atomiques différentes, 35.5 et 23 par exemple, ne peuvent être équivalentes que pour autant qu'elles entrent en réaction, suivant la direction du mouvement moléculaire. avec des angles différents.

Les atomes se combinent ainsi suivant des angles déterminés et la valence indique la composante que l'atome met en action suivant la direction du mouvement moléculaire.

La valence est donc égale au poids atomique multiplié par le cosinus de l'angle suivant lequel les atomes entrent en combinaison

$$V = a \cos \varphi.$$

Si $\varphi = 90°$, $V = 0$: c'est le cas des gaz inactifs, les oscillations atomiques sont perpendiculaires aux oscillations moléculaires.

(A suivre) P. Bruylants.

(1) Chem. News, 71, 139.
(2) Chem. News, 99, 302.
(3) Zeit. anorg. chem., 14, 164 ; Chem. News, 77, 87.

Les lois du Dynamisme psychique

QUELQUES APPLICATIONS DE LA LOI DES CONTRASTES

Avant de formuler « la loi des contrastes » telle que nous croyons devoir la comprendre, il ne sera pas inutile d'indiquer brièvement la portée des lois de la « causalité psychique » ou plutôt du « devenir », du « dynamisme » de notre vie consciente ; et nous ne croyons pouvoir mieux y réussir qu'en indiquant la place de ces « lois » dans la « psychologie générale ».

S'il est un fait qui s'impose à la constatation immédiate, c'est l'unité foncière de notre vie consciente. Nous pouvons évidemment y saisir des aspects divers ; dans le « champ de la conscience » nous distinguons des régions différentes, et la marche du temps entraîne de toute évidence une évolution marquée de notre vie mentale. Il n'en est pas moins certain que, malgré cette multiplicité de points de vue, la conscience normale se livre dans une unité qui est le premier indice de l'indissoluble « personnalité *métaphysique* ». Naturellement on retrouve la fameuse comparaison de James qui parle du « stream of consciousness ». La vie consciente se présente, au regard de l'introspection, comme un fleuve, comme un torrent qui s'écoule d'une manière continue sous l'œil du spectateur. Celui-ci le voit appa-

raître au loin derrière quelque accident de terrain qui rappelle le « seuil de la conscience », ou la « marge » extrême de tout le champ de l'introspection ; et les eaux, les états de conscience, passent toujours, sans s'arrêter jamais, pour disparaître au loin, dans les abîmes de l'inconscient. Nous savons avec certitude que l'eau de la surface n'est pas celle du fond, que celle qui passe n'est pas celle qui a passé ou qui passera. Mais entre toutes ces parties du fleuve il n'y a aucune solution de continuité, tout y est solidaire : des remous occasionnels ou réguliers amènent des échanges entre les différents niveaux ; la partie du fond s'écoule de telle manière en raison de l'eau de surface ; et il est impossible de saisir le mouvement total de la moindre molécule, si on l'isole de l'ensemble, qui conditionne toutes ses activités.

Cependant il nous est impossible d'embrasser d'un coup d'œil la totalité de notre être psychique. L'homme, même dégagé de toutes les modalités individuelles, est si complexe que dans son ensemble il échappe à notre emprise. Il faut le mettre en pièces, il faut en faire la dissection psychologique, il faut le morceler suivant des plans de clivage aussi naturels que possible, pour en examiner successivement, d'une manière indépendante, les innombrables aspects. Cette description détaillée et cette élaboration méthodique des fragments psychiques constituent la « psychologie analytique ».

Reconnaissons que pour être indispensable elle n'en est pas moins incomplète. L'homme n'est pas des sensations, des perceptions, des images, des souvenirs, des idées, des émotions, des habitudes, des passions, des initiatives volontaires. Il est tout cela, mais il l'est dans une unité supérieure ; et l'on comprend sans peine que l'analyse appelle impérieusement une synthèse qui nous restitue l'homme réel et vivant. La « biographie psychologique » s'y essaie parfois, mais elle ne nous

livre guère que les caractères différentiels d'une personnalité marquante ; certaines œuvres littéraires à tendance « psychologique » s'efforcent de suggérer une âme dans toute son intégrité, mais elles aussi s'attachent à des cas exceptionnels, et ne peuvent donner, dans ses produits les plus vrais et les plus réussis, que l'application plus ou moins fantaisiste et dramatisée de « lois » constatées au préalable. Ce que nous cherchons toujours, c'est l'unité de l'homme qui ne soit qu'homme, de l'homme abstrait si l'on veut, manifestant dans une synthèse les traits essentiels d'une conscience totale.

Et puisque cet homme intégral déborde toutes les formules dans lesquelles on prétend l'enfermer, cette synthèse complète est en quelque sorte un idéal directeur, dont il faut s'approcher toujours, malgré la certitude de ne l'atteindre jamais. — Or rien ne paraît plus efficace pour assurer cette marche vers la « synthèse humaine » que l'examen des jointures, des articulations entre les différents éléments psychiques. On peut ainsi aboutir à quelques formules très générales, indiquant la manière dont les faits « élémentaires » s'organisent ; et l'on serait bien tenté de parler ici de « lois organiques » des états de conscience, n'était l'équivoque de ce terme qui fait penser à l'aspect corporel de la nature humaine. Lorsqu'on examine le « devenir » des faits psychiques, à partir de l'objet jusqu'au retour à la réalité extérieure par l'exécution volontaire, lorsqu'on étudie leur immersion dans le torrent de la conscience, lorsqu'on tâche de poursuivre sa marche devant le regard introspectif du psychologue, il est impossible de ne pas songer à certaines formules, à certaines images peut-être, embrassant et représentant une foule de faits particuliers, et ayant dès lors toute la valeur d'une loi expérimentale. Ce sont là les lois du « devenir », du « dynamisme psychique ». Elles n'ont certes pas la rigueur des « lois » physiques et

biologiques, parce que la vie consciente échappe par définition aux rigueurs quantitatives. Elles s'expriment en termes empruntés à l'ordre matériel, dérivés par conséquent et purement analogiques, parce que c'est là une loi de notre imagination. Elles ne forment encore aucun ensemble doctrinal achevé comme une théorie close ; un même fait peut être conçu comme relevant de lois très diverses, parce que nous nous trouvons sur un terrain peu exploré, et que le fait psychique par sa complexité et sa nature propre se prête à des aspects multiples. Nous en conclurons que les lois du dynamisme psychique sont imparfaites, provisoires peut-être; mais, malgré ces imperfections et ces relativités, nous devons y reconnaître un chapitre très légitime de la psychologie générale, fournissant une première exploration de la voie ténébreuse qui doit nous conduire vers la lumière d'une synthèse intégrale.

Il ne sera peut-être pas inutile de donner ici l'énoncé des lois qui nous paraissent les plus importantes :

1° *Loi des contrastes.* — Les objets de nos états de conscience ne sont pas les réalités du monde à l'état statique, mais ces mêmes réalités en tant qu'elles passent à un autre état. — Ou bien : Nous vivons psychiquement de la différence des êtres ou du dynamisme de l'univers. — C'est cette loi que nous nous permettons d'établir ici par quelques exemples typiques.

2° *Loi de synthèse.* — La conscience unit dans un fait simple et original ce qui correspond dans l'impression à une multiplicité objective; et dans ses formes supérieures elle synthétise d'une manière analogue les phénomènes psychiques sur lesquels elle opère.

Cette loi de synthèse, bien que limitée à certains égards aux phénomènes de connaissance, est une des « formes » les plus fondamentales de la vie psychique; elle est très étroitement liée à la loi des contrastes, si bien que celle-ci ne paraît exprimer qu'un stade

préparatoire, une condition préalable des synthèses mentales.

3° *Lois de l'association des images.* — On n'ignore pas que Sollier, dans son *Essai critique et théorique sur l'Association en psychologie*, a étendu le concept d'association bien au delà de sa portée traditionnelle. Je crois cette tentative peu heureuse. Il vaut mieux réserver le mot pour la concaténation des faits de connaissance. L'expression usuelle « association des idées » paraît critiquable, parce que le facteur primitif des groupements associatifs paraît être l'image plutôt que l'idée. On connaît les trois lois de la « ressemblance », de la « contiguïté » dans le temps et l'espace, et la loi de « contraste ». D'innombrables tentatives ont été faites pour réduire ces lois à une formule unique : on voit généralement dans le contraste une ressemblance, et dans la ressemblance une contiguïté. La plupart de ces essais nous paraissent plus ingénieux qu'efficaces. La simplification la plus heureuse paraît celle de Claparède, réduisant tout à la « simultanéité subjective », pourvu qu'on la comprenne d'une manière très large, et qu'on la dégage de sa transposition en termes physiologiques qui la charge d'impénétrables obscurités sans apporter le moindre avantage.

Il serait éminemment désirable qu'on pût trouver un lien entre les lois de l'association et celles « des contrastes » et « de synthèse ». Il nous paraît en effet possible de concevoir une association comme une synthèse rudimentaire, incomplète. Aux lois de l'association, placées dans l'ensemble de la vie interne, on peut rattacher sans peine la « loi de totalisation » ou ce que Hamilton, en se restreignant aux idées, appelait la « réintégration » : un état mental tend à renaître tout entier dès qu'un de ses éléments se présente à la conscience.

4° *Loi de l'équilibre psychique.* — Un état de conscience relativement simple, se limitant par sa nature à un niveau spécial de l'être psychique, tel qu'une perception, une image, un état émotionnel, constitue comme une rupture d'équilibre que la conscience tend à rétablir en produisant un état proportionné aux autres niveaux de la personne psychique.

5° *Loi de la diffusion psychique.* — Cet équilibre se réalise généralement par une « diffusion » de l'état initial à travers toute la personne. Comme cet énoncé l'indique, la « diffusion » est la voievers l'équilibre. Sollier a décrit ou plutôt indiqué quelques phénomènes de diffusion en les rattachant à tort à l'association ; mais la loi est très générale; elle est de la plus haute importance au point de vue pédagogique, et elle nous livre, dans la psychologie individuelle, les amorces les plus précieuses d'une psychologie collective et sociale. Nous croyons que cette « loi » n'a jamais été étudiée d'une manière méthodique.

6° *Loi des influences pendulaires.* — La diffusion s'opérant d'un niveau à un autre, ce dernier semble réagir sur le premier, de sorte qu'on observe dans le dynamisme psychique un va-et-vient comparable au mouvement du pendule. C'est ainsi que la perception évoque le souvenir et que le souvenir soutient et renforce la perception; l'action produit l'habitude, et l'habitude porte à l'action. Il arrive que le retour au terme initial s'effectue à travers deux ou trois termes différents. Dans ce cas on peut parler d'influences « circulaires ».

7° *Loi de l'avalanche.* — Un courant psychique, en se diffusant dans le sujet, et surtout en oscillant entre deux niveaux, semble devenir de plus en plus intense, et peut ainsi acquérir une tension périlleuse pour le

(1) *L'association des idées.* Paris, 1903.

sujet. La loi ne manque pas d'analogie avec un fait bien connu en physiologie du système nerveux.

8° *Loi de périodicité de Swoboda.* — Les phénomènes analogues, soit par leur objet, soit par leur tonalité affective, tendent à se reproduire rythmiquement dans le cours de la vie psychique. Cette loi, formulée par Swoboda, est encore très contestée. Les déterminations précises que l'auteur de la loi a avancées, les explications arbitraires qu'il invente pour se dégager des exceptions apparentes, et surtout les applications fantaisistes au delà de toute constatation expérimentale, ont puissamment contribué à jeter le discrédit sur la loi. Cependant il est probable qu'elle ne manque pas de toute base réelle; et elle aurait cet avantage d'indiquer dans la vie consciente ces retours rythmiques que nous font soupçonner tant d'événements de la nature. De cette manière la vie psychique ne s'écoulerait pas comme un torrent, mais apparaîtrait comme un tourbillon, immense et compliqué.

9° *Loi des réactions tutélaires de Freud.* — Lorsqu'un état ou plutôt un dynamisme psychique acquiert une intensité inquiétante, il peut décharger sa tension par un acte extérieur plus ou moins proportionné à son objet. — Freud paraît avoir donné ici une formule scientifique à une expérience banale, qu'il a pu poursuivre surtout dans le domaine de la subconscience. Évidemment les idées de Freud ont encore besoin de critique et d'épuration avant de s'introduire définitivement dans la psychologie classique. Mais sainement comprise la loi correspond à la réalité des faits, et a d'autant plus d'importance qu'elle se trouve en contact immédiat avec la vie pratique.

10° *Loi de l'unification totale.* — Tous les différents éléments psychiques qui caractérisent une personnalité tendent à se réunir en une synthèse qui par son aspect intellectuel représente la philosophie personnelle, par

son aspect affectif et volontaire le caractère acquis de l'individu.

Il n'y a aucune illusion à se faire à ce sujet : ces lois ne sont ni complètes ni définitivement établies. Elles chevauchent parfois les unes sur les autres d'une manière un peu troublante : un même fait, dans une activité identique, paraît avec la même aisance s'interpréter par des lois différentes. Mais il en résulte simplement que les recherches ne sont pas achevées, et que la réalité psychique est si riche que nous ne pouvons atteindre tout le contenu de sa nature qu'en la considérant sous des images multiples.

Dans tous les cas, ces lois auront au moins la valeur d'hypothèses directrices, dont l'utilité heuristique et la fonction systématisante ne nous paraissent pas à dédaigner.

Nous nous permettrons d'examiner de plus près la loi des contrastes, et de signaler quelques phénomènes typiques qui en révèlent l'immense envergure.

LA LOI DES CONTRASTES

Nous prenons ici le mot « contraste » dans un sens très large. Il ne désigne pas seulement la rigoureuse « contrariété », mais encore toute différence quelle qu'elle soit. Les choses différentes, en tant que différentes, contrastent toujours l'une avec l'autre. Certains auteurs parlent de « loi des relations », de « loi des relativités » ; Wundt distingue entre le « principe des relations » et le « principe des contrastes » (1); il applique le premier à l'aspect représentatif des états de

(1) Nous ne nous préoccupons pas en ce moment de la distinction discutable que Wundt s'efforce d'établir entre le « principe » et la « loi ». Cfr. *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, Bd III, dernière section.

conscience, et le second à la vie affective ; tout en reconnaissant que le dernier principe est simplement complémentaire du « principe des relations ». Mais sous la loi de relativité, on fait passer des faits très divers, et parfois des vues théoriques très discutables. Le mot même de « relativité » est trop générique, puisqu'il ne s'agit en somme que de rapports de « différences ». Pour ces motifs, nous préférons le nom que nous avons choisi. Le seul qu'on pourrait peut-être lui substituer est celui de « loi des différences » ; mais il est certainement moins expressif. Nous comprenons donc sous la « loi des contrastes » tout ce que les auteurs classent de vraiment homogène et positif sous la loi qu'ils désignent sous le même nom, et sous celle appelée « loi des relations » ou de « relativité ». Nous reconnaissons que le nom choisi peut conduire à une confusion avec la « loi de l'association par contraste » ; mais c'est là un inconvénient qu'on évitera dès lors qu'on le signale.

L'énoncé de la loi se trouve ci-dessus. Remarquons seulement que les « réalités » qui doivent se modifier pour nous faire vivre psychiquement sont les réalités en tant qu'elles sont actuellement objets de nos états conscients. La modification, le changement indispensable peut donc se trouver, soit dans l'objet lui-même, soit dans le sujet conscient.

Pour établir la loi nous ferons successivement appel aux sensations externes, aux représentations imaginatives, aux opérations intellectuelles, à la vie affective, et finalement à la vie totale. Mais nous répétons une fois de plus que tous ces aspects de notre être conscient possèdent une unité foncière, que nos exemples mêmes sont de nature à mettre en évidence.

Le contraste dans la sensation externe. — A un point de vue très différent du nôtre, l'importance du contraste dans la sensation externe a été souvent mise en lumière par les innombrables recherches qui se rat-

tachent à la la loi de Weber et Fechner ; on a constaté qu'un objet, pour provoquer une variation dans l'intensité de la sensation, devait différer quantitativement d'un objet antérieurement senti ; et cela dans un rapport déterminé. On n'ignore pas les attaques multiples et variées que philosophes et psychologues ont dirigées contre cette prétention de mesurer l'intensité d'un fait de conscience. Mais la loi signale toujours un fait réel : la sensation ne croît pas en intensité d'une manière insensible et pratiquement continue, comme les objets quantitatifs qui les provoquent ; les variations semblent se réaliser par sauts brusques, parce qu'elles exigent une différence, un contraste suffisant dans les objets, contraste approximativement conforme à la loi de Fechner, et qui peut servir de symbole aux variations des états de conscience eux-mêmes.

Il y a là, sans aucun doute, une constatation très étendue de la loi des contrastes, telle que nous l'avons formulée. Mais dégageons-nous de toutes les complications théoriques qui alourdissent ces recherches ; et contentons-nous de quelques faits immédiatement constatables.

La *vue* nous fournit des exemples multiples.

1° Si l'on se trouve dans une salle éclairée par plusieurs lampes, les objets ont des ombres portées s'entrecroisant dans plusieurs sens, et qui peuvent devenir si faibles qu'elles échappent à nos perceptions. Qu'un mouvement se produise dans les sources lumineuses, que ces ombres imperceptibles se déplacent, immédiatement nous les voyons sans peine. C'est évidemment une variation, une différence impliquant contraste qui a favorisé la vision consciente.

2° Tous les militaires savent qu'en pleine campagne un corps de soldats peut rester invisible aussi longtemps qu'il reste au repos, et se révéler nettement dès qu'il se met en mouvement.

3° Un tableau médiocre de quelque pleinairiste débridé peut « éteindre » ou « tuer » des œuvres remarquables placées dans son voisinage ; et l'on constate que dans les musées la teinte neutre des murs a une importance considérable pour la mise en valeur des œuvres exposées.

4° Signalons encore les phénomènes bien connus se rattachant à la juxtaposition des couleurs « complémentaires ». Tout nous porte à croire que le rouge vis-à-vis du vert-bleu, le jaune vis-à-vis de l'outremer, le pourpre vis-à-vis du vert, etc. possèdent le contraste le plus marqué. Or il suffit de produire ces couples par juxtaposition pour que chaque couleur paraisse plus vive, plus saturée. Bien plus, lorsqu'on juxtapose deux couleurs non-complémentaires, chacune se modifie en penchant vers la couleur complémentaire de l'autre. Par conséquent, le contraste favorise la vision; et le sens de la vue est si naturellement lié aux contrastes, qu'il semble les produire lui-même lorsqu'ils font défaut.

Dans tous ces phénomènes, qu'on pourrait multiplier à plaisir, nous faisons évidemment abstraction des éléments *perceptifs* qui viennent les compliquer.

L'*ouïe* ne révèle pas moins une dépendance profonde vis-à-vis du contraste objectif. Le bruit de nos grandes villes est désespérant pour tous ceux qui doivent se livrer à des travaux intellectuels. Il nous exaspère d'autant plus qu'il est totalement inutile aux trois quarts, et ne nous renseigne que sur la barbarie de nos contemporains. Or nous constatons que nous parvenons cependant à ne plus entendre le bourdonnement ordinaire qui nous environne de toute part. C'est évidemment parce que, ce tapage étant continu, il n'offre plus aucun contraste, et que l'audition, au moins l'audition consciente, ne s'effectue qu'à la faveur d'une variation.

Rappelons-nous encore que le sommeil, favorisé par le silence, peut être provoqué par un bruit monotone. Le fonctionnement du sens est donc suspendu par la continuité et l'uniformité de son objet. D'autre part on s'éveille non seulement à cause d'un bruit qui éclate brusquement, mais encore par la cessation d'un bruit continu. Il n'en faut pas davantage pour nous convaincre que dans une très large mesure ce qui importe à la sensation consciente, ce n'est pas l'objet sensible en lui-même, mais les variations de cet objet.

Le *tact* montre lui aussi que la variation, le contraste est une condition de la vie psychique. Lorsque nous tenons entre les doigts un objet léger qui ne provoque aucune fatigue, nous le sentons pendant quelque temps, même si aucune variation ne s'y produit, parce qu'il se fait une adaptation subjective graduelle qui constitue elle-même un changement. Mais une fois l'état d'équilibre acquis, toute sensation consciente disparaît. On peut d'ailleurs établir expérimentalement ce fait. Une ficelle, se débobinant d'une manière continue, est tenue entre les doigts. Pendant un temps plus ou moins long le fil et son mouvement sont très nettement perçus, mais bientôt la sensation disparaît, et l'objet ne se révèle plus que lorsqu'une inégalité, un nœud par exemple, ou une accélération du mouvement introduit un changement dans l'impression.

Tout le monde sait que le *sens de la température* ne nous livre que des différences, des contrastes. De l'eau tiède nous paraît chaude lorsque nous la touchons d'une main plus froide qu'elle, elle paraîtra froide dans le cas contraire.

La loi des contrastes trouve un terrain de choix dans le sens du *goût*. Tout le monde sait que du café sucré peut sembler fade lorsqu'on le boit après avoir mangé d'un plat très doux. Tous les raffinements des gourmets dans la composition d'un menu ont pour but de

ménager, par des alternances et des gradations, les exigences de la loi des contrastes.

Pour ne pas allonger outre mesure l'énumération de ces faits, si ordinaires et si instructifs, contentons-nous de l'un ou de l'autre exemple se rapportant à l'*odorat*. Depuis longtemps on a constaté que les ouvriers en parfumerie ne perçoivent pas les essences extrêmement fortes qu'ils manipulent sans cesse. Il y a d'ailleurs un exemple un peu inquiétant, mais tout à fait démonstratif. Il est bien acquis que tous nous avons une odeur personnelle, que nous sommes d'autant plus libres de considérer comme un parfum, que dans les circonstances ordinaires elle nous échappe totalement. L'odeur des nègres au contraire est extrêmement marquée par notre odorat. Or, comme nous parlons de « l'odeur de nègre », les Japonais parlent de « l'odeur d'européen », et elle leur paraît si désagréable, que ceux d'entre eux qui en sont affligés sont exempts de tout service militaire. Il serait plus que téméraire de supposer que l'odorat des Japonais parcourt une échelle d'odeurs plus étendue que la nôtre. Tout s'explique par la loi des contrastes : nous ne percevons pas les odeurs qui sans variation sensible nous affectent d'une manière continue.

Le contraste dans les représentations imaginatives. — Ici encore il importe de remarquer qu'une séparation rigoureuse entre les images et les opérations intellectuelles ou le retentissement affectif qu'elles provoquent est complètement impossible. Les faits qu'il nous faut signaler ne relèvent donc pas exclusivement des images ; mais celles-ci en paraissent le noyau central; et pour ce motif nous les y rattachons tout entiers.

Avant tout il serait opportun de signaler « l'association par contraste ». Dans le domaine des représentations il y a peu de phénomènes qui tourmentent davantage les psychologues, mais le fait brut énoncé par la

loi ne peut faire l'ombre d'un doute. Par une tendance naturelle, invincible, nous joignons en couples associés l'image des réalités contraires. Dès lors il est impossible de ne pas conclure que nos tendances psychiques foncières ont une affinité pour les images contrastantes.

Une confirmation précieuse de cette conclusion se trouve dans la nature de l'attention. Il serait tout à fait erroné de voir dans l'attention la fixation absolue d'une image au regard de la conscience. Tous les psychologues s'accordent à reconnaître qu'une telle fixation n'est possible que pendant une fraction, parfois très petite, d'une minute. Encore est-il parfaitement permis de supposer que ce temps si court s'écoule pendant l'adaptation progressive du sujet à l'image fixée, adaptation qui elle-même représente évidemment un changement continu. L'immobilité psychique, le « monoïdéisme » total entraîne le sommeil ou l'extase. L'attention soutenue n'est pas la fixation d'un seul objet, c'est la production d'un système dynamique, d'un tourbillon d'images dont le centre est fourni par la représentation de l'objet qui fixe l'attention. Par conséquent, l'attitude psychique qui semble par sa nature même impliquer l'immobilité, l'attention soutenue est elle-même constituée par un changement, par un torrent d'images qui empruntent toute leur valeur à leur changement. Réfléchir, méditer, c'est encore passer d'un objet à un autre ; pour vivre psychiquement il nous faut toujours changer.

Pour nous convaincre davantage encore à quel point le changement, le contraste dans le sens large du mot est une des lois fondamentales de notre vie représentative, nous pouvons nous adresser à certains signes qui nous sont fournis par son retentissement affectif, par ce qu'on appelle parfois la « tonalité des représentations ».

Rien n'est plus éloigné de nos intentions que de nous aventurer sur le terrain propre de la vie affective,

champ de bataille des écoles rivales. Nous nous contentons d'un fait au sujet duquel tout le monde est à peu près d'accord, alors même que certains détails paraissent se soustraire à son universalité. L'exercice *normal* et *modéré* d'une fonction quelconque est généralement accompagné de plaisir ; l'inhibition complète ou le fonctionnement exagéré entraînent le déplaisir. Si donc nous constatons que le contraste modéré entre les images nous est agréable, alors que le contraste continu ou trop brutal nous déplaît, nous avons le droit de conclure que le contraste est une condition objective de l'exercice normal de l'imagination. Évidemment pour établir la loi dans toute son universalité, il faudrait la vérifier dans tous les actes de l'imagination, ce qui est pratiquement impossible ; mais nous pouvons citer au moins quelques faits si larges et si évidents, que par eux-mêmes ils donnent à la loi une grande probabilité, et peuvent servir de guide dans les observations personnelles.

Mentionnons tout d'abord le charme un peu troublant du paradoxe occasionnel, et l'exaspération violente que produit le paradoxe à jet continu. Le paradoxe s'impose à l'attention par son contraste avec les idées reçues ; et il faut reconnaître qu'en général, malgré son action délétère, il nous amuse et même nous fascine. Pour nous en rendre compte il suffit de prendre contact avec un écrivain trop fameux, qui s'est livré à la culture intensive du paradoxe, Oscar Wilde. Rien de plus divertissant que de lire deux ou trois pages de son volume d'essais, intitulé « Intentions ». Nous y apprenons en phrases élégantes et parfumées que « la réflexion est la chose la plus malsaine du monde ; les gens en meurent comme de toute autre maladie ». Dans un dialogue intitulé : « The critic as artist », un des interlocuteurs dit textuellement, et avec tout le sérieux dont il est capable : « Oh, ne dites pas que vous êtes

de mon avis ; quand on est de mon avis, je sens immédiatement que je dois me tromper ». L'auteur se plaint de « la décadence du mensonge », — the decay of lying. — « Les politiciens ne savent plus mentir ;... les moins dégénérés sous ce rapport sont les avocats,... qui parviennent encore à arracher à des jurys récalcitrants des sentences d'acquittement, même lorsqu'il est tout à fait manifeste que l'accusé est innocent ». C'est dans le même essai qu'il émet son incartade la plus connue, qu'il ne faut pas confondre avec une idée exprimée à peu près de la même manière par Bergson, suivant laquelle l'art n'imite pas du tout la nature ; c'est la nature qui imite l'art : « Les derniers grands peintres ont modifié l'anatomie des Anglaises ». « Ce sont les impressionnistes qui nous ont donné ces merveilleux brouillards bruns qui coulent dans nos rues ». De cette même idée est sortie l'œuvre la plus infernale, — heureusement incompréhensible pour le grand public, — de toute la littérature contemporaine : « The picture of Dorian Gray ».

Au malheureux dégénéré que fut Oscar Wilde, nous pourrions joindre le malfaisant Nietzsche. Pour un nombre considérable d'esprits, la fascination imaginative remplace les bonnes raisons ; et c'est pourquoi il y a tant de nietzschéens. Or Nietzsche captive surtout l'imagination par ses violents et dangereux paradoxes, par sa « transvaluation de toutes les valeurs », par ses énormités sur la pitié, sur la femme, sur le christianisme.

Tout cela est amusant pour un quart d'heure, et la « loi des contrastes » résulte de cette constatation. Mais tout cela devient intolérable à la longue, et la même loi y trouve un appui, puisque tout excès dans un fonctionnement même normal devient rapidement déplaisant.

Si du violent paradoxe, boisson capiteuse de l'imagi-

nation, nous passons au simple contraste proprement dit, les exemples empruntés à la poésie de tous les âges et de tous les peuples sont si nombreux, qu'on craint d'y toucher. Il n'est pas une pièce de quelque valeur qui n'en offre un constant exemple. Contentons-nous de quelques indications. Horace (Odes I-4) nous apprend que : « Pallida mors aequo pulsat pede pauperum tabernas, regumque turres ». Qui ne s'aperçoit immédiatement que tout l'effet de ces beaux vers est produit par l'opposition entre les cabanes des pauvres et les palais des rois, et par le contraste entre leur différence énorme et leur égalité devant la mort? Malherbe a imité ce passage d'Horace. Il nous livre d'ailleurs lui-même un exemple classique d'un contraste puissant dans ses stances sur le psaume 145. Il serait naïf d'insister, car il est impossible de lire une page d'un poète quelconque, de n'importe quelle nationalité, sans y trouver un emploi constant du contraste comme moyen esthétique.

La musique et les arts plastiques offrent des applications aussi nombreuses, et presque inconscientes, de la loi des contrastes. C'est ainsi que les peintres, reproduisant des objets ou des figures en mouvement, ont presque toujours soin d'introduire dans la composition un élément immobile. Contentons-nous de noter que même la symétrie, et la répétition rythmique du même motif, si fréquente en architecture, ne sont encore que des applications systématiques de contrastes. La symétrie offre au moins l'opposition de la droite et de la gauche, et l'on sait d'ailleurs que la symétrie rigoureuse, trop peu contrastante, fait rapidement un effet déplaisant. Quant aux reproductions rythmiques des mêmes motifs, c'est-à-dire au retour périodique du semblable, remarquons qu'un retour suppose une interruption ; par conséquent même un alignement de

fenêtres identiques nous présente une série de contrastes.

Nous ne finirions jamais si nous voulions noter toutes les jouissances esthétiques qui semblent jaillir du contraste, et souligner la loi que nous analysons en ce moment. Il faut nécessairement s'en tenir à des généralités. Arrêtons-nous quelques instants aux sentiments du comique, du ridicule, de l'humour, du sublime et du tragique, qui couvre presque tout le champ des effets artistiques.

Tous ces sentiments, liés à un état de la représentation imaginative, sont basés sur des contrastes.

Le comique se produit lorsque nous percevons brusquement un contraste entre ce qu'on attend et ce qui se présente. Nous nous mouvons toujours à un certain niveau mental ; nous nous adaptons même spontanément à l'objet qui nous occupe. Si alors dans cet objet se présente une particularité notablement inférieure à notre attente, immédiatement le comique apparaît. Hobbes parle d'un sentiment de domination sur l'objet ; mais ce n'est là qu'une conséquence de son infériorité.

Il faut préciser cependant, car le ridicule correspond à une infériorité semblable, et ne se confond en aucune manière avec le comique. On rit d'un homme comique; on a pitié d'un homme ridicule. Lorsque l'infériorité inattendue est extrêmement grande, le sentiment agréable du comique s'efface, et le ridicule se fait jour. Une allusion inattendue à une grossièreté ou à une obscénité peut être comique, mais seulement pour ceux qui trouvent les grossièretés amusantes (1); pour les autres, c'est-à-dire pour tous ceux qui ont la mentalité étrangère aux grossièretés, elles ne provoquent que le dégoût et la pitié. De même, un homme un peu sot

(1) Il va sans dire qu'il ne faut pas confondre le comique avec l'*amusant*. Le comique n'est qu'une espèce d'amusant. Celui-ci correspond à l'exercice normal et « désintéressé » de nos fonctions, quel que soit cet exercice.

pour les circonstances dans lesquelles il se trouve placé est comique; un homme trop sot est ridicule et humiliant pour l'espèce. Un soudard qui pour les beaux yeux d'une fille fait des commissions chez l'épicier ou refait une pelote de laine, est comique; mais Hercule, le héros divin, l'incarnation de la vertu antique, filant aux pieds d'Omphale est ridicule, un peu méprisable, et donne envie de pleurer plutôt que de rire.

Nous constatons ainsi les trois éléments du comique : 1° il faut qu'il y ait contraste entre le niveau mental actuel et le phénomène qui se présente ; 2° l'événement doit être inférieur à l'attendu, d'où résulte le sentiment de domination, de force, de liberté ; 3° enfin il faut que les termes contrastants, l'attendu et l'inattendu, appartiennent tous deux à notre mentalité acquise, de façon à ne pas bouleverser l'équilibre mental par l'introduction d'un élément trop hétérogène; il faut même que les deux termes appartiennent au même groupe associatif.

C'est cette dernière condition qui fait défaut au *ridicule*. Évidemment ce qui est ridicule pour l'un peut être comique pour l'autre. Le raffinement de la culture élimine de notre mentalité certains facteurs très bas, qu'on trouve intégralement conservés chez le peuple. Les Olympiens, riant à gorge déployée d'Héphaistos boiteux, révèlent des âmes singulièrement primitives et populacières : un tel défaut physique est trop éloigné de notre conception raffinée de l'homme, fût-il un simple dieu antique, pour rester encore comique. De cette même cause résulte l'effet déplaisant de la plupart des calembours. Le point de départ du calembour est ce qu'il y a de plus banal, ce qu'il y a de plus éloigné des préoccupations d'un esprit cultivé : le mot pris matériellement, et ce qu'il y a de moins désirable dans le mot : l'équivoque. L'inattendu qui en résulte n'est pas habilement choisi de façon à respecter les lois

associatives; mais il est totalement indéterminé, et peut se trouver dans un groupe tout à fait indépendant. Les seuls calembours tolérables sont précisément ceux qui respectent les groupes associatifs, ou ceux qui se déroulent en série continue. Dans ce dernier cas ce qui amuse et plaît, ce ne sont pas les calembours, mais l'habileté et la souplesse d'esprit de ceux qui les inventent. On en peut trouver un exemple dans la première scène de « Romeo and Juliet » de Shakespeare.

Tous les auteurs qui ont voulu produire le comique ont parfois glissé dans le ridicule. Le « Tartarin » de Daudet contient de l'humour et du comique excellents; mais les aventures galantes en Afrique avec leurs connexions religieuses dépassent la mesure; Tartarin lançant son « Nan, nan! » et se vantant d'avoir chanté Robert le Diable, n'est plus comique mais bêtement ridicule. Le merveilleux Pickwick de Dickens n'échappe pas toujours à cet écueil.

N'y eût-il que le sentiment du comique et du ridicule, qu'il faudrait conclure sans hésitation que le contraste est une condition objective du fonctionnement normal de l'imagination. Le comique est basé sur un contraste, et c'est pourquoi le comique est si agréable. On pourrait même dire que le contraste est agréable, et que c'est là ce que dans certains cas nous appelons le comique. Le ridicule est basé sur un contraste, mais un contraste violent, excessif; et c'est pourquoi le ridicule, comme tout exercice exagéré d'une fonction normale, est déplaisant. Le ridicule, dépassant le groupement associatif, ou même les limites des objets admis par la mentalité, viole une autre loi du dynamisme psychique, celle de l'équilibre mental, qui nous livre précisément la formule synthétique du contraste et du changement modérés.

L'*humour* (1) nous fournit une trop belle confirmation de notre thèse pour que nous ne nous y arrêtions pas un instant. Nous avons constaté que ce qui est encore comique pour le « profanum vulgus » n'est que ridicule pour l'homme cultivé. C'est comme si la portée du contraste normal se rétrécissait à mesure que l'esprit s'affine. Mais ce n'est point là une simple perte pour l'homme cultivé; par le fait de cette élimination des cas extrêmes, il parvient à saisir des contrastes beaucoup plus petits, et du comique passe ainsi à l'humoristique.

L'humour est le comique des délicats. Le comique fait rire à gorge déployée ; et il est sain à tous les points de vue de se déployer ainsi la gorge. L'humour fait sourire, et il est délicieux de sourire. L'humour est au comique ce que la grâce des nuances est à l'éclat des couleurs. Le comique est le gros festin plantureux, et il doit rester rare ; l'humour est la petite douceur quotidienne, le sel du repas ordinaire. Il faut avoir une âme aiguisée pour le découvrir et le déguster ; tout le monde n'a pas le « sense of humour » ; mais pour qui le possède l'humour jaillit de partout. — L'humoristique n'est que le fin comique, le comique sans violence. Précisons par un exemple. Les caricatures de Dickens sont généralement violentes, et peuvent atteindre le ridicule par exagération, par exemple le « fat boy » du Pickwick ; cependant cette même œuvre, vraiment merveilleuse, contient des pages d'incomparable humour. La lettre de Sam à Mary est violemment comique ; les préparatifs à la lettre sont d'un humour délicieux.

Il n'est pas tout à fait exact de dire, avec Lotze et

(1) Nous devons reconnaître que la terminologie anglaise est ici beaucoup plus « psychologique » que celle du français usuel. Daudet appelle son « Tartarin » un livre d'humour, alors qu'il est surtout un livre comique. Sur le terrain psychologique, il importe de se dégager de ces confusions.

Höffding, que l'humoristique est le « comique sympathique ». La sympathie n'est pas absente du comique le plus violent, ne fût-ce qu'en raison du sentiment de force et de liberté dont il est la source. Ce qui est propre à l'humour c'est une sympathie spéciale, c'est une appréciation, un jugement de valeur positif porté sur l'objet, malgré la *petite* infériorité qui s'y trouve mêlée, et qui donne naissance à l'humour. L'objet humoristique inspire toujours le respect, parfois même l'admiration ; et il éveille d'autant plus notre sympathie que le petit détail humoristique le rend plus humain, le rapproche davantage de nous, pauvres mortels, et l'empêche de nous écraser totalement de sa valeur.

Aussi une des grandes sources de l'humour, c'est l'observation de petits détails de la vie quotidienne, de petites et inoffensives « infériorités », contrastant avec le sérieux de l'événement ou le grand mérite du personnage. — Un philosophe dans un discours ou une leçon nous transporte au sommet de la pensée et du réel. Il est sublime. Mais il a un geste un peu disgracieux, un bouton manque à son habit ou un bout de mouchoir rouge lui sort de la poche. Ne voir que la boutonnière vide et le mouchoir flottant est de la stupidité ; n'insister que sur les défauts physiques et les petits ridicules du maître est de la bêtise mêlée souvent de perverse cruauté. Mais comprendre le sublime de la pensée, s'associer au vol vers les cimes, et voir aussi les petits détails et les petites misères, c'est posséder une âme complète, y compris le sens de l'humour. C'est ainsi qu'il y a des caricatures faites *con amore* qui sont les plus éloquents, les plus touchants des hommages

Rien n'est instructif sous ce rapport comme l'examen de certaines œuvres, qui sont comptées parmi les plus sublimes des arts plastiques. De très grands peintres, de très grands sculpteurs peuvent manquer totalement

d'humour ; et c'est une infériorité. Impossible par exemple d'en découvrir chez Michel-Ange ; les rares traits individuels de ses personnages, qui pourraient fournir la base d'un détail humoristique, sont aussi tragiques que le nez cassé de l'artiste lui-même. Cependant la plupart des très grands maîtres révèlent sans cesse leur instinctive appréciation de l'humour. — Le gigantesque Rubens a produit un merveilleux David, actuellement au musée de Francfort-sur-Main. David, roi-psalmiste, aime Dieu, il aspire vers Lui ; mais le coloris du visage, le costume somptueux montrent si bien, et d'une manière si délicate, que la contemplation mystique des choses célestes ne fait pas oublier à David les bonnes et belles choses de la terre. — Tout le monde connaît la toile la plus sublime du sublime Titien, qui se trouve à la villa Borghese, et qu'on a sottement appelée : l'amour sacré et l'amour profane. De fait ce n'est autre chose que l'idéal de la beauté, païennement conçu, et représenté par la Nature (la Vérité) et l'Art. C'est grandiose comme conception, prodigieux comme exécution. Mais le petit amour, gamin espiègle aux cheveux ébouriffés, respire l'humour. — Dürer a trois gravures d'une puissance unique, qui ont dans leur ensemble la grandeur d'une philosophie : la mélancolie, le chevalier, et S. Jérôme. Cette dernière planche symbolise la paix et le triomphe après l'angoisse et la lutte. Elle est prodigieusement synthétique et véritablement sublime. Mais la mine du lion et du petit chien, les nombreux petits coussins indiquant de très humaines préoccupations de bien-être mettent dans cette page un irrésistible humour, qui coopère puissamment à rendre le sublime plus sympathique et plus humain (1).

(1) Il serait absurde de chercher de l'humour dans le faune qui tire la langue sur la toile de Rubens : la Félicité de la régence (de Marie de Médicis). Pris en soi, il est comique ; au sein d'une telle composition, il devient une sanglante ironie, la protestation d'un homme honnête contre un mensonge imposé.

Tous ces exemples établissent la nature de l'humour, et le révèle comme une application délicate de la loi des contrastes aux représentations imaginatives. Précisément parce que le contraste est discret, l'humour n'arrive jamais au sentiment de lassitude. Il peut exister presque à jet continu, et constitue en quelque sorte la face objective de ce qu'on appelle la « bonne humeur ». Et puisque l'exercice modéré d'une fonction entraîne une tonalité positive, le sentiment de plaisir, nous sommes autorisés à conclure que le contraste conditionne la vie normale de l'imagination.

Après ces analyses, que nous estimons probantes, il est inutile d'insister longuement sur le sentiment du *sublime*. Il est exactement l'opposé du comique. Le sublime se perçoit lorsque nous sommes brusquement transportés dans une région de beaucoup supérieure à celle où s'écoule notre vie quotidienne, à celle que les circonstances nous permettent d'attendre (1). Nous avons tous un certain jugement « moyen » sur les hommes et la vie, sur nos puissances, nos douleurs, nos responsabilités. Mais quand nous nous trouvons placés devant les formidables sommets des Alpes, devant une haute synthèse métaphysique (2), devant le « chevalier » de Dürer, devant « l'adoration de l'Agneau » de van Eyck, devant « la femme de l'Apocalypse » de Rubens, devant la « création d'Adam » de Michel-Ange, nous constatons brusquement que l'homme, la nature et la vie dépassent nos conceptions « moyennes », qu'ils peuvent révéler leurs attaches

(1) On dit souvent que la « crainte » est un facteur essentiel du sentiment du sublime. Nous nous permettons d'en douter. Une certaine crainte se ressent parfois au premier choc du sublime ; mais elle est souvent absente, et reste toujours accessoire.

(2) On pourrait remarquer qu'une synthèse métaphysique relève de l'intelligence et non de l'imagination. Nous répondons que généralement elle ne donne l'impression du sublime, que lorsqu'elle s'est concrétisée dans une *image* synthétique.

avec le divin, et nous vivons mentalement à un niveau, que peut-être nous n'aurions jamais atteint sans cet élan que nous impriment la création ou la génie artistique. Le frisson du sublime, la jouissance la plus complète que la vie interne puisse nous faire éprouver, est donc encore une fois un effet du contraste ; et le contraste s'impose encore une fois comme une condition objective du fonctionnement normal de l'imagination.

Enfin le sentiment du *tragique*, qui lui aussi procure à la vie représentative des « douleurs » si agréables, est basé sur le contraste entre le mérite et le destin. C'est la lutte du héros et sa défaite sous des forces supérieures et aveugles. Le sentiment du tragique est complexe ; nous voyons le héros succombant sous le malheur, et sa défaite qui est encore un triomphe. A plusieurs égards par conséquent le contraste se révèle à chaque pas. Mais il serait fastidieux d'insister ; et nous concluons sans réserve que la « loi des contrastes » régit toute la vie de notre imagination.

Le contraste dans les opérations intellectuelles. — En passant à l'examen de l'intelligence, nous abordons un terrain où les problèmes d'ordre purement philosophique surgissent à chaque pas. Nous voulons les éviter cependant, pour ne faire que de la psychologie ; et dès lors nous nous bornons à deux constatations très générales, se rapportant à la *forme* de l'ordre intellectuel, *psychologiquement* considérée.

Il est donc évident qu'il ne s'agit pas de la « relativité » des idées dans le sens critériologique du mot. Nous ne prétendons pas que nos connaissances soient relatives ; au contraire. Mais psychologiquement considérées, nous les acquérons, relatives ou absolues, par des relations. Comme la relation implique toujours une « opposition relative », nous sommes autorisés à les rapporter à la « loi des contrastes ».

Après les longues considérations et les preuves mul-

tiples que nous a fournies l'examen des représentations imaginatives, nous pourrions peut-être considérer la thèse comme acquise ; car l'intelligence paraît solidaire des images jusque dans ses synthèses les plus élevées.

Contentons-nous donc de noter, que la *forme* de toute connaissance intellectuelle est le jugement. Or celui-ci consiste essentiellement dans l'identité perçue de deux notions différentes. Nous introduisons par l'analyse la diversité, la différence, le contraste au sein de l'identique, pour affirmer cette identité même. Un contraste relatif paraît donc bien la condition « formelle » de toute connaissance intellectuelle.

Rappelons encore, sans y insister autrement, que toute explication par les « causes intrinsèques », celle qui doit nous apprendre ce qu'est une chose, consiste dans une réduction de l'inconnu au connu. La chose à expliquer est envisagée sous un aspect spécial, ayant une similitude suffisante avec une chose déjà connue ; un second aspect est traité de la même manière, et ainsi de suite. Tout est mis en rapport avec autre chose pour être expliqué et compris ; c'est-à-dire que notre intelligence procède toujours par opposition relative, et que la loi de relativité ou des contrastes y trouve sa pleine application.

Le contraste dans la vie affective. — La vie des sentiments est le terrain de choix de la loi des contrastes. Remarquons dès l'abord que tout ce que nous avons dit des représentations imaginatives peut être envisagé sous un autre biais, et fournir autant d'exemples de contraste dans les sentiments. C'est, en effet, l'élément affectif qui y est impliqué, qui nous a permis de vérifier la loi dans le domaine de l'imagination.

Aussi c'est probablement dans le domaine du sentiment que la loi a été observée tout d'abord. On constate sans peine que le plaisir et la douleur ne se

mesurent pas aux objets qui les provoquent, mais au rapport entre ces objets et l'objet similaire qui agit déjà sur le sujet. Bernoulli (1) fait nettement allusion à ce fait psychique; la distinction de Laplace (2) entre la « fortune morale » et la « fortune physique » et celle de Poisson (3) entre « l'espérance morale » et « l'espérance mathématique » ont la même portée.

Tout le monde sait, en effet, que l'acquisition de mille francs par un millionnaire, et le même enrichissement de la part d'un pauvre diable n'ont pas la même valeur affective. Cette valeur se mesure, non à l'importance absolue de l'objet, mais au contraste proportionnel entre les deux états successifs. Le même fait peut être mis en lumière d'une manière plus saisissante. Qu'un millionnaire soit brusquement réduit à deux mille francs de revenu, il y aura là pour lui une catastrophe. Qu'un miséreux acquière subitement la même rente, il s'estimera le plus heureux des mortels. Il est donc de toute évidence que la raison objective du sentiment n'est autre chose que le changement, le contraste. Dans le dernier exemple, l'émotion est contraire d'un cas à l'autre, parce que, bien que le résultat soit identique, le changement est de direction opposée.

De très vieux aphorismes nous livrent la loi des contrastes appliquée à la vie affective. De tout temps on a constaté que des impressions identiques prolongées perdent leur action émotionnelle : *Assueta vilescunt* ou *Ab assuetis non fit passio*, comme disaient les scolastiques. La vérification de ces adages est si fréquente qu'il est inutile d'insister.

Cependant nous tenons à écarter une difficulté qu'on pourrait soulever à ce propos. Höffding reproduisant d'ailleurs une formule populaire, constate qu'un senti-

(1) *Specimen theoriae novae de mensura sortis.*
(2) *Théorie analytique des probabilités.*
(3) *Recherches sur la probabilité.*

ment peut être ou violent ou profond; et il ajoute que la répétition lui enlève sa violence mais le fait croître en profondeur. On pourrait voir dans ce dernier fait une dérogation à la loi des contrastes. Il n'en est rien cependant.

Dans la terminologie la plus récente, et parfaitement justifiée, on distingue soigneusement l'*émotion* de la *passion*. La première est un sentiment d'ordre explosif, violent, et essentiellement transitoire. La passion, engendrée par des émotions et des actes répétés, est une disposition affective permanente, qui porte à agir fréquemment dans un sens déterminé, au point qu'elle devient un principe d'unification pour la vie, ou pour une partie notable de la vie (1). C'est, pour nous servir des expressions de Ribot, « une émotion permanente et systématisée ».

Il y a cependant, dans cette définition, un mot inexact. La passion n'est pas une émotion, par le bon motif qu'elle n'est pas directement consciente. La passion peut être créée par des émotions et des actes répétés; elle est à son tour une source d'émotions et d'actes semblables; mais son existence ne se révèle que par ces actes et ces tendances. En soi elle se soustrait à l'introspection, et ne peut dès lors pas être introduite dans la vie consciente actuelle. Son action est tout au plus subconsciente.

Or ce qu'Höffding appelle un « sentiment profond » n'est autre chose que la « passion » dans le sens que nous venons de déterminer. La répétition augmente la passion, tout en émoussant l'émotion; mais nous pouvons écarter la passion de notre champ d'investigation parce qu'elle n'est pas à proprement parler un fait de conscience actuel. Cela ne veut nullement dire que la

(1) Ce que les anciens appelaient « passio » correspond à peu près à l'émotion des psychologues actuels. La passion, au sens moderne du mot, était impliquée dans les « habitus ».

passion n'obéit pas elle-même, d'une manière détournée, à la loi des contrastes ; mais elle ne nous concerne pas, puisque nous cherchons simplement les lois du « torrent actuel de la conscience », tel qu'il apparaît à l'introspection.

L'application de la loi des contrastes à la vie émotionnelle a reçu en ces derniers temps une démonstration éclatante, fournie par des faits anormaux.

La *psychasthénie*, en rapport intime avec la neurasthénie mais non identique avec elle (1), semble constituée par une atrophie relative de l'émotivité. Les objets perdent leur valeur émotionnelle. Il nous paraît probable que la « psychasthénie », l'insuffisance mentale, consiste fondamentalement en une faiblesse dans les opérations synthétiques de l'intelligence. Les éléments mentaux présentés n'évoquent plus les éléments associés ordinaires qui leur constituent un halo finement nuancé ; pour cette raison ils n'ont plus la même valeur émotionnelle, et l'affectivité paraît atteinte. Tous les objets usuels, et même les personnes les plus proches et les plus chères, deviennent complètement indifférents. Cependant le souvenir des émotions antérieures subsiste ; le malade se sent changé, diminué, incomplet (incomplétude de Janet) ; et d'autre part les objets sont à peine reconnus, et paraissent aussi irréels que s'ils étaient simplement peints sur un tableau. Souvent alors une vague angoisse, et un violent désir d'émotions s'emparent du sujet (2). Il lui faut sortir de cet état de stagnation et d'indifférence. Il lui faut du changement, du contraste dans sa vie interne, et pour aboutir à ce résultat, il en arrive à se décider au suicide, à se mettre de propos délibéré dans de très

(1) Déjerine et Gauckler. *Les manifestations fonctionnelles des psychonévroses.*

(2) Ce fait semble bien établir que l'affectivité n'est pas attaquée primairement, car cette angoisse et ce désir sont bien des émotions.

gros embarras, à commettre des vols sans aucun profit. Il se donne ainsi une secousse émotionnelle pour reconquérir, au moins momentanément, l'intégrité de sa nature (1). Mais il lui faut, pour vivre, des secousses violentes, et il met ainsi en lumière, grossi et souligné, le besoin de contraste qui forme le fond de nos états affectifs.

Le contraste dans la vie totale. — Sur ce dernier point il est manifestement inutile d'insister. Ce qui est vrai pour chacun des états mentaux qui se succèdent dans la conscience se vérifie encore de l'évolution de notre mentalité, dont les phases se mesurent par des périodes beaucoup plus longues. Les éléments de notre vie consciente, — si tant est qu'on puisse parler ici d'éléments, — s'emboîtent comme des satellites, des planètes, des soleils dans une gravitation immatérielle. Nous ne disons pas qu'il y ait retour périodique, bien qu'on l'ait prétendu. Mais il y a certainement subordination de plusieurs mouvements psychiques, dont le plus large mesure la fécondité de notre existence et caractérise notre vie. — Chaque pensée, avec son cortège d'émotions et de tendances, vit et évolue, non dans un état, mais dans un courant psychique ; et celui-ci même passe sans cesse, en révélant mille teintes différentes, et se trouve entraîné dans le tourbillon total de la vie, qui malgré son unité nous montre une richesse de formes, une plasticité qui échappe à toute description. La vie psychique n'est pas un état, mais une trajectoire. Pour vivre, il faut changer.

Personne n'ignore que les vies particulières se spécialisent, qu'elles s'enferment dans un moule étroit d'idées et d'opérations. C'est même là une condition essentielle de la fécondité. Il y a de pauvres petites âmes qui ne conçoivent plus rien au delà de l'étroite

(1) Janet rapporte un cas très instructif dans le JOURN. DE PSYCHOL. NORM. ET PATHOLOGIQUE, 1911, p. 97 : « La cleptomanie et la dépression mentale ».

spécialité, dans laquelle les circonstances les ont enfermées. Mais c'est là une véritable mutilation. Si l'on veut conserver une âme complète, il faut périodiquement passer de la spécialisation, qui est la forme sociale de la vie psychique, à la vie intégrale qui affirme les droits et les exigences de l'individu. L'impérieux besoin de ces grandes alternances proclame que la marche générale de notre existence, aussi bien que ses aspects particuliers, est régie par la « loi des contrastes ».

Il ne nous appartient pas de déterminer ici la manière dont on peut s'assurer le passage à la vie intégrale, malgré les exigences de la spécialisation. Ce problème, ainsi que la possibilité de dominer la « loi des contrastes » dans la vie affective par une initiative volontaire, nous ferait passer sur le terrain de la psychologie appliquée et de la morale, dont l'accès nous est interdit en ce moment.

Contentons-nous de conclure que la « loi des contrastes » ou « des relativités » s'applique à notre existence psychique et à toutes ses modalités. Il y a là un caractère qui distingue radicalement le monde de la conscience du monde des réalités externes. Ici chaque chose n'est qu'elle-même, se juxtapose à toute autre en maintenant les limites de son individualité. Dans le monde de la conscience ce qui est, ce qui fait vivre, c'est la différence des êtres ; notre âme chevauche en quelque sorte sur les séparations du monde physique, et prépare ainsi les « synthèses » qui sont le résultat de sa fonction la plus caractéristique. — A ce titre la loi des contrastes n'est pas indépendante ; elle est un aspect particulier, une phase préparatoire à la « loi de synthèse ».

P. M. De Munnynck, O. P.
Professeur à l'Université de Fribourg (Suisse).

FERDINAND VERBIEST

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE PEKING

(1623-1688)

C'est avec une certaine appréhension, j'allais dire un sentiment de regret, que j'imprime ces quelques pages. Verbiest, malgré sa célébrité, est mal connu. Missionnaire au sens propre du mot, il le fut fort peu. Directeur de l'observatoire impérial de Péking, voilà son grand titre de gloire ! Mais Verbiest, membre de la Compagnie de Jésus, fut aussi recteur de la maison de Péking, et vice-provincial de la Chine. Comme supérieur religieux, il eut à résoudre les problèmes les plus graves, et dut surmonter des difficultés que seule sa *Correspondance* inédite mettra peut-être un jour en lumière. Or, ce Verbiest-là, on ne le connaît pas, et je suis néanmoins dans la nécessité de n'en pas parler aujourd'hui.

J'ai pour cela plusieurs raisons.

D'abord, tout en ayant déjà réuni sur mon héros un grand nombre de pièces importantes et inconnues, je suis loin cependant de les posséder toutes ; des fonds d'archives entiers me restent encore à dépouiller. Puis, les querelles religieuses auxquelles il fut mêlé, impossibles à traiter en quelques pages, sortent du cadre d'une revue scientifique et doivent être réservées pour un journal d'histoire ecclésiastique. Enfin leur étude

suppose la publication de la *Correspondance* de Verbiest ; travail long, difficile, qui est loin d'être prêt.

Pour parler de Verbiest, j'eusse préféré attendre. Mais les flamands de la West-Flandre se préparent à lui élever un monument dans son village natal. Comment refuser de leur dire, à cette occasion, un mot de leur illustre compatriote ? De le suivre dans ses voyages ? De le montrer à la tête de l'observatoire de Péking ? Même à ce point de vue restreint je possède cependant trop de pièces pour avoir la prétention de les épuiser. Aussi bien ai-je tout à gagner, en publiant quelques documents nouveaux en entier, plutôt qu'en cherchant à les résumer tous. Je laisserai parler Verbiest lui-même le plus possible (1).

I

« Moi, Ferdinand Verbiest, écrit-il, de sa main, dans l'*Album* des novices de la province Flandre-Belgique de la Compagnie de Jésus (2), je suis né à Pitthem, le 29 octobre 1623, de Josse Verbiest, bailli et receveur de Pitthem, Coolscamp, etc. et d'Anne Van Heeke, sa femme légitime. J'ai fait d'abord, chez les Pères de la Compagnie de Jésus à Bruges, un an d'humanités dans les figures ; puis, j'ai achevé, en quatre ans, les quatre

(1) Dans les notes bibliographiques, nous désignons par :

AR, les Archives générales du Royaume, à Bruxelles. — Toutes les pièces sont empruntées au fonds jésuitique, province Flandre-Belgique ;

BB, la Bibliothèque des Bollandistes ;

BR, la Bibliothèque Royale de Belgique ;

P, les Archives de la Propagande, à Rome ;

SJ, les documents en possession de la Compagnie de Jésus.

A moins d'indication contraire, toutes les pièces manuscrites citées sont en latin ; nous n'en donnons qu'une traduction.

(2) La collection de ces manuscrits est à la Bibliothèque du noviciat de la Compagnie de Jésus, à Tronchiennes. Les notices y sont données par ordre des dates d'entrée au noviciat.

autres classes, à Courtrai, chez les Pères de la même Compagnie. Après, j'ai étudié, pendant un an, la philosophie, au collège du Lys, à Louvain. C'est alors, que brûlant du désir d'une vie meilleure, je me présentai au P. André Judoci, provincial de la province Flandre-Belgique de la Compagnie de Jésus, qui m'y admit à Louvain, après l'examen requis, le 2 septembre 1641. J'entrai au noviciat de Malines, le 29 septembre 1641...

« Fait à Malines, au noviciat de la Compagnie de Jésus, le 23 novembre 1641.

« C'est ainsi.
« Ferdinand Verbiest. »

Josse Verbiest, père de Ferdinand, était régisseur d'une partie des biens de don Ferdinand de Zuniga et Fonseca, marquis de Carraçona, comte de Ayala, baron de Maldeghem, Guyse, Coutsy, etc., seigneur de Pitthem, Coolscamp, Ayshove. Josse gérait les propriétés du marquis, situées dans ces trois derniers villages.

La famille Verbiest semble avoir été fort attachée à ses maîtres. Le 18 octobre 1639, la marquise de Carraçona mettait au monde, à Madrid, une fille. Le jeune Ferdinand, alors élève de rhétorique à Courtrai, manifesta sa joie dans une série de petites pièces de vers latins. On en fut si satisfait, qu'on les imprima. L'Université de Louvain en a encore un exemplaire (1). Le

(1) Arm. VII, Ray. III, 147. En voici le titre :
Illvstrissimis Conivgibvs Don Ferdinando, & Elisabethæ De Zvniga Et Fonseca Marchionibvs de Tarraçona Comitibvs de Ayala Baronibvs de Maldeghem, Gvyse, Cortsy, &c. Dominis Civitatvm de Coca, Alacros, Castrexon, Valdefuentes, Villoria, Doncos, Arienega, Vallivm, de Lodio Orosco, Arestana, &c. Toparchis de Pitthem, Coolscamp, Ayshove, Vytkercke, Assenbroeck, Barseye, &c. In Filiæ Amantissimæ Natali Gratulatio. Cortraci, Apud Viduam Ioannis van Ghemmert, Anno M.DC.XXXX.

Sans nom d'auteur au titre, mais à la dernière page. Ita accinebat Ferdinandvs Verbiest Pitthemiensis, Rhetor Collegii Cortracem Societatis Iesv. Anno M.DC.XXXX.

In-4° de de 24 pages.

rhétoricien possède bien la langue latine, son vers est facile et correct, mais surchargé de souvenirs classiques, d'assez mauvais goût. Verbiest eut quelque mal à se corriger complètement de ce défaut. Témoin, sa lettre écrite de Gênes, bien des années plus tard, à Ignace Melgaert.

Au bout de deux ans le jeune novice fit les premiers vœux. Les supérieurs l'envoyèrent alors de Malines à Louvain, où il répéta, au collège de la Compagnie, la philosophie, en 1643, et suivit le cours de physique en 1644. La chaire de physique y était occupée par André Tacquet. Verbiest conserva toujours le meilleur souvenir de cet excellent maître.

En 1645, on trouve avec quelque surprise Ferdinand à Courtrai, mis pendant un an à la disposition de Sidronius Hosschius, pour se perfectionner dans la poésie latine. Singulière préparation à un apostolat en Chine et à une direction d'observatoire ! Verbiest ne faisait pas prévoir, semble-t-il, ce qu'il serait un jour. Depuis quelque temps, il insistait cependant pour être envoyé aux missions, mais aux Indes Espagnoles et non pas en Chine. Charles Sangrius, vicaire général de la Compagnie, à la mort de Vitelleschi (1), refusa :

« A Ferdinand Verbiest, à Louvain.

« Votre ardent désir d'aller aux Indes travailler pour le Christ jusqu'au bout du monde, exprimé dans votre lettre du 5 janvier, nous est fort agréable ; mais le temps n'est pas à de pareilles missions. Au moment opportun, on se souviendra de vous. En attendant, croissez en vertu et acquérez tout ce qui est nécessaire à ce ministère difficile. Je me recommande à Dieu, dans vos prières.

« (De Rome), le 11 février 1645. »

(1) SJ, Registres des lettres des généraux aux PP. de la province Flandre-Belgique. Les lettres sont enregistrées d'après l'ordre des dates.

Verbiest resta donc à Courtrai et, en 1646, il y enseigna les « figures ». Le cours complet des humanités était alors, on le sait, de cinq ans, et la classe inférieure portait le nom de « figures ».

Mais, en cette même année 1646, les supérieurs de la Compagnie organisaient le voyage d'un nombreux groupe de missionnaires flamands destinés à la mission mexicaine de la Nouvelle-Biscaye. Verbiest demanda à en faire partie. Une première fois ses offres de service furent encore refusées. « Dieu nous demande souvent le sacrifice de notre volonté de préférence à celui de nos œuvres, lui écrit à la date du 29 février 1647, le P. Vincent Caraffa (1), général en charge. Témoins Abraham et Daniel. Relativement à votre demande des Indes, il semble vouloir s'en contenter pour le moment chez vous. En d'autres circonstances, peut-être inspirera-t-il aux supérieurs l'idée de vous y envoyer. Cette fois-ci, le nombre est complet ». Ce nombre ne resta pas complet longtemps, car bientôt Verbiest obtint l'autorisation de partir.

La mission belge comprenait huit noms : les PP. Henri Van der Stock, Camargo, Smet, Simon De la Court, Duchâteau, Camille Beudin dit Godinez, Philippe Couplet et Ferdinand Verbiest (2). Je reviendrai dans un instant à Couplet, ce fidèle compagnon de Verbiest ! Le 2 mai 1647, tous les missionnaires étaient réunis à Cadix, d'où ils s'apprêtaient à partir pour Séville, en attendant le départ d'un vaisseau qui appareillât vers le Mexique. Mais l'Espagne prit ombrage de tous ces belges ! « Elle les chassa de chez elle, plutôt qu'elle ne les remercia », dit le rédacteur de l'histoire

(1) SJ. Reg. des lett. des gén. à la prov. Fl.-Belg.

(2) AR. Liasse, 1437. Lettre de Beudin, à Jean Aurelius. Cadix 2 mai 1647. Autographe. Elle a été éditée par C. J. N(uyts) dans : *Philippe Nutius a la Cour de Suède*, Bruxelles, J. Vander Reydt, 1856, p. 25.

manuscrite du collège de la Compagnie à Louvain (1). Seul Corneille Beudin parvint à s'embarquer et à faire voile pour le Mexique. Il y fut traîtreusement massacré par les sauvages peu de temps après son arrivée (2).

De 1647 à 1650, Verbiest fut attaché au collège de Bruxelles. Il y enseigna la syntaxe, en 1647 ; le grec, en 1648 ; la rhétorique, en 1650. Le catalogue annuel des emplois exercés en 1649 fait défaut. Pendant plusieurs années, le professeur eut pour collègue à Bruxelles le P. Ignace Hartoghvelt.

Hartoghvelt, Couplet ! Puis tantôt Rougemont et Dorville ! Ces quatre noms me vont revenir si souvent sous la plume, qu'il me faut les présenter au lecteur.

Ignace Hartoghvelt (3) était fils d'un libraire d'Amsterdam, Henri Barents Hartoghvelt et de Pétronille Walravens. Il naquit à Amsterdam, le 28 mai 1628 ; mais, par suite de circonstances aujourd'hui oubliées, il fit ses études à Courtrai, sauf trois mois passés au collège d'Anvers. Hartoghvelt entra au noviciat de Malines, le 30 octobre 1644.

Couplet est l'ami de cœur de Verbiest. Nous le trouvons mêlé aux principaux événements de sa carrière une première fois en Europe, puis en Chine, enfin de nouveau en Europe, pendant les longues années où il y prit en mains, comme procureur, les intérêts de sa chère mission. Jusqu'au moment de son entrée dans la Compagnie, Philippe Couplet était resté malinois autant

(1) AR. Cahier relié intitulé : *Historia Societatis Jesu Lovanii 1542-1693*. coté N° 985. J'ai publié le passage dans mes *Documents sur Albert Dorville, de Bruxelles*. ANALECTES POUR SERVIR A L'HISTOIRE ECCLÉSIASTIQUE DE LA BELGIQUE, 3e sér., t. 7, Louvain 1911, pp. 337-341.

(2) AR. Carton renfermant les liasses 1000-1004. Contient plusieurs éloges MS. de Beudin contemporains de son décès.

Il existe, on le sait, plusieurs notices biographiques imprimées de Beudin. Voir, par exemple : *Societas Jesu usque ad sanguinis et vitae profusionem militans*... auctore... Mathia Tanner... Pragae, Typis Universitatis Carolo-Ferdinandeae... par Joannem Nicolaum Hampel... M.DC.LXXV, pp. 543-546.

(3) Pour cette notice et celles de Couplet et de Rougemont, cf. l'*Album Novitiorum*.

qu'on peut l'être. Né à Malines, le 31 mai 1622, de Pierre Couplet, huissier au Grand Conseil et de Catherine Alison, il y avait fait toutes ses études au collège de la Compagnie ; après quoi, il y était entré au noviciat au mois d'août 1640.

François Rougemont, ou plus correctement De Rougemont, car c'est ainsi qu'il signait son nom avant d'entrer dans la Compagnie, François Rougemont était fils d'Antoine et d'Anne Roulants. Il donne à son père le titre d'inspecteur royal de la navigation de la Meuse. François naquit à Maestricht, le 2 avril 1624, fit toutes ses études à Anvers et entra au noviciat de Malines, le 28 septembre 1641.

Albert Lecomte de Dorville, dit chez nous simplement Dorville, appartenait à la noblesse (1). Son père Louis Le Comte, seigneur d'Orville, Geest-Saint-Remi et Geest-Sainte-Marie, lieutenant grand veneur de Brabant, en 1609 ; grand gruyer, en 1615 ; châtelain de Trois-Fontaines, en 1619 ; mort le 22 mai 1651 ; épousa, le 20 janvier 1611, Anne Hellincx, décédée, le 13 août 1647, fille de Nicolas, receveur général du Brabant à Bruxelles, et de Marie de Nonancourt. Louis Le Comte et sa femme reposent à Bruxelles, dans l'église de Notre-Dame de la Chapelle. Leur plus jeune fils, Albert-Eugène, naquit à Bruxelles, le 12 ou le 20 août 1621 ; je ne saurais préciser davantage, nos documents d'archives ne concordent pas. Albert fut quelque temps attaché, comme page, à la cour du duc de Neubourg ; mais se sentant attiré vers la Compagnie de Jésus, il y entra, en 1646, à Lemberg (Palatinat Rhénan), au noviciat de la province de Germanie supérieure. Par considération sans doute pour sa famille, les supérieurs lui firent faire la théologie à Louvain, dans sa patrie, où nous le trouvons de 1651 à 1654.

(1) Voir : *Annuaire de la Noblesse de Belgique*, par de Stein d'Altenstein, 32e année, Bruxelles, 1878, p. 105.

On dit couramment que cinq belges partirent pour la Chine, sous la conduite du P. Martin Martini : Verbiest, Couplet, Dorville, Rougemont et Hartoghvelt. Énoncé en ces termes, le fait est inexact et doit être précisé.

Martin Martini était né à Trente, en 1614. Entré dans la Compagnie de Jésus, le 8 octobre 1632, il partit pour la mission de Chine, en 1638, et y arriva en 1643. Après y avoir travaillé huit ans, ses confrères le chargèrent d'aller faire connaître en Europe l'état de leurs chrétientés et y obtenir des secours en hommes et en argent. Ce voyage de retour, interrompu il est vrai par une longue escale à Batavia, dura trois ans. Martini débarqua à Amsterdam, en 1654.

Peu de temps après son arrivée, il se rendit à Louvain, où les théologiens de la Compagnie lui ménagèrent un accueil débordant d'enthousiasme. Le général Goswin Nickel crut même devoir modérer leur ardeur. A la suite de cette visite, Hartoghvelt, Couplet et Rougemont reçurent l'autorisation de se rendre en Chine par la voie d'Amsterdam-Lisbonne. Arrivés dans la capitale portugaise, ils devaient s'y tenir à la disposition du P. Michel Boym, alors en Europe, chargé d'une mission chez le pape, au nom de l'empereur Jun Lie.

Dorville quitta Louvain avec Martini et l'accompagna d'abord à Vienne, puis à Rome. Quant à Verbiest, il n'en était pas question. En 1652, il avait dit un adieu, qui devait être définitif, à la Belgique, pour aller commencer l'étude de la théologie au Collège Romain. Or, loin de songer à l'envoyer alors en Chine, Goswin Nickel écrivait, le 4 octobre 1653, au P. Jean-Baptiste Engelgrave, provincial de Flandre-Belgique (1) :

« Le P. procureur du Nouveau Royaume de Grenade

(1) SJ. Reg. des lett. des gén. aux PP. de la prov. Fl.-Belg.

est venu ici, chargé des affaires de sa mission et pour y recruter des ouvriers qui cultiveront cette vigne. Parmi beaucoup d'autres, je lui ai accordé Ferdinand Verbiest que Votre Révérence a envoyé l'an dernier au Collège Romain. Il désire vivement les missions des Indes, Votre Révérence ne l'ignore pas, et voilà plusieurs années qu'il les demande. Il souhaite obtenir celle-ci nommément, parce qu'il la voit accessible. J'ai fait droit d'autant plus volontiers à son louable désir, qu'il y a plusieurs années, je le sais, il avait été désigné pour la mission des Indes et s'était même rendu dans ce but en Espagne. »

Comme suite à cette décision, Verbiest alla achever sa théologie à Séville. Il y était certainement encore en avril 1655, car il défendit à cette date des thèses publiques de théologie, dont il existe encore un exemplaire aux Archives générales du Royaume (1). Mais l'Espagne et le Portugal, susceptibles à l'excès sur leur droit de patronage, étaient défiants à l'endroit des missionnaires de nationalité étrangère. Un belge dans les missions d'Amérique, le gouvernement hibérique n'en voulait pas. Verbiest eut défense de s'embarquer. Se rendre, dans ces conjonctures, directement à Lisbonne était maladresse ; il retourna en Italie et s'arrêta à Gênes. Goswin Nickel l'approuva (2) :

« A Ferdinand Verbiest, à Gênes.

» J'ai reçu les lettres de Votre Révérence, datées du 9 et du 26 juin, et j'y ai vu qu'elle n'a rien perdu de son ardent désir des missions des Indes. L'Occident lui étant fermé, elle tourne ses vœux vers l'Orient. J'approuve cet excellent sentiment. Les désirs de Votre

(1) AR. Carton renfermant les liasses 1431-37. C'est une grande feuille in f° plano, imprimée en trois colonnes, au recto seul. En haut de la feuille, une gravure sur cuivre représentant l'Immaculée Conception. Au bas, adresse d'imprimeur : Hispali, Ex typographia Joannis de Ossuna, iuxta angulum Carceris Regii.

(2) SJ. Reg. des lett. des gén. aux PP. de la prov. Fl.-Belg.

Révérence seront, je l'espère, exaucés. Elle entrera heureusement, en Chine, pour le bien d'un grand nombre d'âmes.

» En revenant en Italie, au lieu d'aller droit en Portugal, Votre Révérence a fait preuve de sagesse. Je suis aussi satisfait du zèle avec lequel elle s'est appliquée en Espagne aux études théologiques. De Rome, le 20 juillet 1655 ».

C'est dans cette lettre du 20 juillet 1655, qu'à ma connaissance, il est pour la première fois question d'envoyer Verbiest aux missions de la Chine. Goswin Nickel lui intima l'ordre de s'apprêter à partir avec le P. Martin Martini.

Verbiest lui-même a laissé un récit circonstancié des premières semaines de son voyage (1). Le 8 janvier 1656, à 4 heures de l'après-midi, deux groupes de missionnaires s'embarquaient, à Gênes, sur la *Barbue*, vaisseau hollandais ainsi nommé, suivant l'usage, de la figure du poisson de mer qu'il montrait sculptée et peinte, à l'arrière, sur la pouppe. Le premier groupe était conduit par le P. Hyacinthe De Magistris, procureur de la province de Malabar, l'autre l'était par Martini. De Magistris n'avait avec lui que deux pères italiens, mais Martini était à la tête d'une caravane de quatre italiens, trois allemands, et deux belges : Verbiest et Dorville. Tous, à l'exception d'un italien, étaient prêtres, tous avaient atteint l'âge de 30 ans, tous partaient avec entrain et belle humeur.

Dès le début, on eut des contretemps. Les vents debout immobilisèrent pendant trois jours la *Barbue* dans le port de Gênes. Enfin, le 11 mai, elle put mettre

(1) AR. Cahier relié ayant au dos l'indication : Lettres des Missionnaires d'Asie, coté n° 872-915. Verbiest à Ignace Melgaert. Gênes, fin de fev. 1656. Copie du temps. J'ai publié cette lettre dans mes *Documents sur Albert Dorville*. ANALECTES, 3e sér., t. VII, pp. 359-383.

J'aurai encore à citer souvent des pièces empruntées à ce recueil de Lettres des Missionniares d'Asie. Je le désignerai par : AR., n° 872-915.

à la voile et gagner la haute mer. Un petit bateau hollandais, mauvais marcheur, sortit du port avec elle.

La *Barbue* devait le convoyer, car la Méditerranée était infestée par les pirates. Cette vogue de conserve ne présagea rien qui vaille ; la *Barbue* en fut bientôt réduite à traîner l'autre bateau à la remorque.

Le 12, à 9 heures, on observa une éclipse de lune presque totale ; belle occasion pour Verbiest de faire appel à des souvenirs classiques. Le 13, on doubla Majorque. Le 14, on était en vue de Valence et des côtes d'Espagne. Tout semblait marcher à souhait, mais, le 15, on aperçut au loin une voile à laquelle d'abord on ne prit pas garde. Elle reparut, le lendemain 16, de grand matin. La *Barbue* n'y prêta pas plus d'attention que la veille. Elle n'était plus qu'à quelques lieues d'Alicante et se voyait déjà, à bref délai, sous le couvert du canon du fort.

Fausse sécurité ! L'équipage ne tarda pas à reconnaître le corsaire français, *Reine Christine de Suède*. Bientôt il fut clair qu'il donnait la chasse à la *Barbue* et gagnait rapidement de vitesse. Le petit bateau remorqué ralentissait lourdement la marche de son convoyeur et le combat devint inévitable. L'équipage hollandais ne s'en préoccupait pas outre mesure. N'était-on pas deux contre un ? « Oui, dit Verbiest, mais la reconnaissance a la mobilité du vent .» Pour manœuvrer plus à l'aise, on largua les amarres du petit bateau. A peine se sentit-il libre de ses mouvements, qu'il mit la voile au vent, tourna le dos au danger et prit ignominieusement la fuite. Pour prix des services reçus, il abandonnait la *Barbue*.

Il était alors environ dix heures du matin. Un coup de canon partit de la *Reine Christine de Suède* et donna le signal de l'attaque. La *Barbue* riposta aussitôt. En face de l'imminence du danger, Martini commanda impérieusement à tout son monde de descendre

à fond de cale et d'y rester. Lui, seul prêtre, il demeura en haut, dans la cabine de la pouppe, debout à côté d'un bourgeois de Gênes, chargé au départ, par les propriétaires du navire, de veiller sur la cargaison. En quelques instants, le pont fut couvert de blessés, de morts et de mourants. Un des premiers boulets décapita le gênois et couvrit Martini de débris sanglants. « Terrifiant contraste, dit Verbiest, que celui du fracas et du tumulte régnant sur le navire, avec le calme qui planait près de lui sur les eaux. »

L'action fut courte. Elle ne durait pas depuis une demi-heure, quand les français montèrent à l'abordage. Le capitaine hollandais, jugeant la lutte désormais inutile, fit mettre aussitôt bas les armes; il n'avait perdu que 17 hommes, tandis que les français laissaient sur place 40 morts. Le pillage de la *Barbue* dura trois heures. Pendant ces événements, docile à l'ordre intimé, Verbiest s'était réfugié à fond de cale. Dans quel coin ? Peu importe, mais il va nous donner une preuve de cet esprit calme et avisé qui ne l'abandonnera jamais dans les circonstances difficiles. Tapi dans sa cachette, il voyait les soldats s'en prendre aux pères ses compagnons; les dépouiller l'un après l'autre de leur soutane, de leur crucifix, de leur bréviaire, en un mot de tout ; puis les obliger brutalement à monter en chemise sur le pont. Verbiest avait quelques petits objets de piété auxquels il tenait beaucoup. Il les passa adroitement sous sa chemise, se déshabilla comme les autres et monta sur le pont se mêler avec eux. Les brigands furent pris au stratagème. Ils le crurent dépouillé de ses objets et le laissèrent en paix.

Vers la fin de la journée, tous les pères furent invités à passer à bord de la *Reine Christine de Suède*. Cette attaque avait été pour le capitaine simple affaire d'argent. Il reçut les prisonniers avec égards, leur parla avec politesse, leur céda même sa cabine, espé-

rant par ses prévenances se ménager l'appui des pères et tirer ainsi une meilleure rançon de la riche capture qu'il venait de faire. La cabine du capitaine avait 12 pieds sur 10 ; mais on y logeait à treize, et malgré une apparence de confort, son séjour devint bientôt intolérable. On y souffrait d'une innommable saleté, plus encore que de la soif ou de la faim. Cependant le commandant français ne se pressait pas de regagner son port d'attache. Se laissant aller à la dérive, il musait à droite et à gauche, en quête de nouveaux coups à faire.

Le 25 janvier, à deux heures de l'après-midi, on eut une alerte. Deux voiles apparurent à l'horizon. L'une d'elles fut reconnue ; c'était un vaisseau de Hambourg. La *Reine Christine de Suède* essaya en vain de lui donner la chasse. La voile hambourgeoise se réfugia dans le port de Barcelone, à l'abri de l'insulte.

Du 26 au 31, on se laissa de nouveau porter au gré du vent, du nord au sud et de l'est à l'ouest, se contentant de voir venir. Enfin, le 1er février, on jeta l'ancre à l'île Sainte-Marguerite, sur les côtes de la Provence.

A peine eut-on abordé, que Martini et De Magistris furent invités à débarquer, pour se rendre à Gênes, y traiter de la rançon du navire. Mais d'accord avec Martini, De Magistris y alla seul. Quant à Martini, il se retira secrètement à Cannes, pour y veiller de plus près aux intérêts des siens. En l'absence des deux procureurs des missions, Dorville eut la charge de supérieur intérimaire. Il devait ce poste de confiance à sa parfaite connaissance du français.

Les négociations furent pénibles, mais sans grand intérêt. Tandis qu'elles traînaient en longueur, les pères furent autorisés à se retirer au collège de Nice, excepté toutefois Dorville et Verbiest. Mais les otages s'échappèrent. J'omets ici leur fuite à travers les mon-

tagnes et les pourparlers du corsaire avec les marchands gênois. Bref, on transigea, et le 16 février à deux heures de l'après-midi, les voyageurs rentraient à Gênes, d'où ils étaient partis cinq semaines auparavant.

Un seul trait du second voyage de Martini et ses compagnons de Gênes, vers Lisbonne, nous a été conservé. C'est de nouveau Verbiest, qui le raconte (1) :

« Arrivés au détroit de Gibraltar, dit-il, nous rencontrâmes quelques vaisseaux anglais, où se trouvait un ministre anglican. Il vint à bord nous rendre visite, nous fit des questions sur les frais du voyage, et se tournant vers moi, il me demanda en assez mauvais latin, j'emploie sa propre phrase : *Papa dat vobis aliquid?* Le pape vous donne-t-il quelque chose? Je lui répondis que nous ne demandions et n'espérions rien du Souverain Pontife, pour les frais du voyage. Il répondit aussitôt avec la même élégance de style : *Bene stulti estis vos.* Vous êtes bien fous. »

Les renseignements précis sur le séjour des missionnaires dans la capitale portugaise, et sur la date de leur départ nous font un peu défaut. « Verbiest s'embarqua pour la Chine, dit cependant l'abbé Carton (2), au commencement de 1657, avec le vice-roi des Indes, don Antoine Telles Menezes, comte de Villa Pouca, et

(1) BB., SJ., P, et BR. Ms. 16691-93. Verbiest aux pères de la compagnie en Europe. Péking, 15 août 1678.

Cette lettre, de l'écriture de Verbiest, est une véritable autographie d'après des procédés chinois. On écrivait d'un seul côté sur des feuilles de papier très transparentes que l'on collait sur des planchettes de bois ; un habile ouvrier découpait ensuite les lettres en relief dans le bois. On obtenait ainsi une plaque propre à l'impression. C'est le procédé connu sous le nom d'impression xylographique.

La lettre a été ensuite plusieurs fois traduite en français, notamment dans les PRÉCIS HISTORIQUES, t. 7, Bruxelles, 1858, pp. 409-422, 433-444.

(2) *Notice biographique sur le Père Ferdinand Verbiest, missionnaire à la Chine, par l'abbé Carton*, Bruges, Vandecasteele-Werbrouck, imprimeur-libraire, 1839 (Extrait des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION POUR L'HISTOIRE ET LES ANTIQUITÉS DE LA FLANDRE OCCIDENTALE, t. I, pp. 83-156), p. 6.

trente-six autres missionnaires... La navigation fut très laborieuse. Le vice-roi mourut le 8 d'août, et sept jésuites subirent le même sort. Enfin on arriva à Macao, en 1659. »

Ce récit emprunté à la *Synopsis* (1) de Franco prête à quelque confusion.

Un premier convoi de missionnaires partit de Lisbonne, non pas en 1657, mais dès le 30 mars 1656. Michel Boym envoyé, nous l'avons dit, en ambassade en Europe par l'empereur Jun Lie, le conduisait. Outre le supérieur qui était polonais, il comprenait quatre Italiens, un Anglais et trois Belges : Rougemont, Couplet et Hartoghvelt. Les voyageurs arrivèrent à Goa le 6 novembre de la même année, après avoir enduré des souffrances inouïes. Les calmes les avaient arrêtés 40 jours sous la ligne, pendant lesquels les chaleurs torrides, gâtant vivres et boissons, entraînèrent leur cortège ordinaire d'épidémies et de décès. Soixante-dix passagers succombèrent en route, au témoignage d'Ignace Hartoghvelt, l'un des survivants du désastre (2).

Martini n'avait que 17 compagnons. C'est le chiffre donné au P. Nickel par l'un d'eux, Dorville (3). Dans cette lettre à Nickel les dates du départ de Lisbonne et de l'arrivée à Goa ne sont pas indiquées. La traversée se fit, d'après Franco, en 1657. La flotte des Indes mettait d'ordinaire à la voile, à Lisbonne, dans les premiers mois de l'année pour arriver le plus souvent à

(1) *Synopsis Annalium Societatis Jesu, in Lusitania. Ab anno 1540 usque ad annum 1725.* Augustae Vindelicorum et Graecii. Sumptibus Philippi Martini et Joannis Veith Haeredum... M.DCC.XXVI, pp. 317 et 318.

(2) AR. N° 872-915. Ignace Hartoghvelt à Thomas Dekens. Goa, le 1er mai 1657. Autographe. Je l'ai publiée dans mes *Documents sur Dorville*, pièce n° II, pp. 469-473.

(3) SJ. Autographe, daté de Macao, le 30 sept. 1658. J'ai dit dans mes *Documents sur Dorville*, p. 355, pourquoi je ne l'avais pas publiée.

Goa, sept ou huit mois plus tard. C'était de tradition, et il en aura été ainsi en 1657.

Le voyage de Martini fut aussi pénible que celui de Michel Boym. Nous ne comprenons plus aujourd'hui le manque absolu de confort et d'hygiène avec lequel on s'embarquait à cette époque. Monter sur un vaisseau de la flotte des Indes, même sur le vaisseau amiral, même sur le vaisseau qui portait le vice-roi, c'était affronter la mort avec plus de danger qu'en bataille rangée. J'en appelle aux lettres d'Intorcetta (1), de Maldonado (2) et de Thomas (3) que j'ai publiées ailleurs. Quelle que soit l'année où elles furent écrites, c'est toujours le même tableau lamentable de souffrances, d'épidémies, de décès. Cette fois, à l'exception de Dorville et d'un allemand Christian Herdtrich (4), tous les missionnaires furent réduits à l'extrémité. Deux d'entre eux, Grégoire Parigi, italien, et Alphonse Aeres, portugais, ne tardèrent pas à succomber. Un troisième, de nationalité française, perdit la raison dans un accès de fièvre chaude, suite des fatigues et des privations. Un quatrième enfin, François Xavier Scheffelmeyr, débarqua à Goa mourant et perclus de tous les membres. Dans la description de ce désastre, Dorville ne fait aucune allusion à la maladie, ni à la mort du vice-roi; ce silence est étrange. Pour l'expliquer on pourrait

(1) *Correspondance inédite de Jean de Haynin d'Ath.* ANAL. POUR SERVIR A L'HIST. ECCL. DE LA BELGIQUE, 3e sér., t. 4. Louvain, 1908, p. 207. Intorcetta à Jean Paul Oliva, Goa, 25 sept. 1673.

(2) Jean-Baptiste Maldonado à Laurent Ludovici. Batavia, juin 1667. *Correspondance de Jean-Baptiste Maldonado de Mons.* ANAL. POUR SERVIR A L'HIST. ECCL DE LA BELGIQUE, 3e sér., t. 6, Louvain 1910. pp. 66-71.

(3) Antoine Thomas au P. Verjus. Goa, 28 novembre 1680. *Lettre inédite d'Antoine Thomas.* MISSIONS BELGES DE LA COMPAGNIE DE JÉSUS, t. 10, Bruxelles, 1908, pp. 60-65.

(4) Christian Herdtrich, nommé par les portugais Enriques, naquit à Gratz, le 25 juin 1625 et entra au noviciat de Vienne, le 2 octobre 1641. Il en sera, à plusieurs reprises, question dans notre récit

Fig. 1

Carte des itinéraires de l'Europe vers la Chine d'après la China illustrata de Kircher, *Ed. d'Amsterdam Waesberge, 1667.*
(Cliché des Missions belges de la Compagnie de Jesus).

En bas, la route maritime ordinaire de Goa à Macao, à l'époque du voyage de Verbiest. Vers le milieu, la route suivie, en 1661, par Grueber et Dorville lors de leur retour en Europe.
L'ouvrage de Kircher fut composé en grande partie sous les yeux du P. Grueber et d'après ses indications.

peut-être admettre que le vice-roi et lui ne montaient pas le même vaisseau (1).

Après quelques semaines de repos à Goa, Martini et ses compagnons se rembarquaient, le 30 janvier 1658, sur un vaisseau en partance pour Macao (2). C'était le *Notre-Dame de Bon-Secours*, excellent marcheur, dit Dorville, mais mal armé et encore plus mal monté. Il n'avait que deux petits canons, des soldats peu nombreux, des matelots novices et maladroits. On voguerait à la garde de Dieu ! (Fig. 1).

En 1658, le Portugal et la Hollande étaient en guerre, dans les mers du sud. Seize vaisseaux des Provinces-Unies bloquaient le port de Goa. Une flotte de dix unités de haut bord, telle que le Portugal n'en vit jamais dans ces mers, dit Dorville, marcha à sa rencontre. On crut à une action définitive. C'était une simple démonstration. Après avoir assez attiré l'attention des hollandais, pour permettre au *Notre-Dame de Bon-Secours* de s'échapper de Goa et de se mettre hors d'atteinte, la flotte portugaise rentra dans le port.

Le 4 février, le *Notre-Dame de Bon-Secours* faillit échouer sur les récifs de l'île *Dos Desastros*. Le 6, il doublait le cap Commorin. Quelques jours plus tard, assailli par les typhons, il faillit périr, corps et biens, jouet de la tempête. Le timon du gouvernail se brisa à deux reprises. A deux reprises aussi, vergues et voiles furent arrachées des mâts, par l'ouragan. Au milieu

(1) Je l'avoue, Franco dit expressément le contraire (p. 317), mais son récit renferme des erreurs évidentes et ne doit être reçu que sous bénéfice d'inventaire. Le départ de 1657 comprenait, dit-il, 37 missionnaires. Tout compte fait, la liste donnée en appendice, à la fin du volume, n'a que 34 noms. Dorville, Diestel et Torrente y sont oubliés. La flotte des Indes était, cette année-là, de 4 vaisseaux ; mais les missionnaires y étaient-ils répartis comme Franco l'indique ? Quoi qu'il en soit, je ne parviens pas à faire concorder parfaitement les récits de Dorville et de Franco.

(2) SJ. Albert Dorville à Goswin Nickel. Macao 30 oct. 1658. Autographe. Publiée dans mes *Documents sur Dorville*. pièce n° IV, pp. 477-490.

Cette lettre contient le récit du voyage de Martini, de Goa à Macao.

de ce désordre un commencement d'incendie se déclara dans le voisinage de la soute aux poudres. Dans cette extrémité, loin de venir en aide à l'équipage, le pilote perdait la tête, se disait malade, refusait de faire son service. Le calme et l'énergie de Martini sauvèrent le vaisseau d'une perte certaine. Se mettant sans hésiter à la barre, il prit le commandement, se fit obéir, et conduisit d'une main ferme le *Notre-Dame de Bon-Secours* au port de Solor, une des îles de la Sonde. Quelques jours s'y passèrent dans un repos bien mérité, puis on mit le cap sur Macassar, où on resta jusqu'au 17 juin. Il fallut y laisser les PP. Christian Herdtrich et Jacques Dimer, malades, hors d'état de continuer. Enfin, le 17 juillet 1658, le *Notre-Dame de Bon-Secours* abordait heureusement à Macao.

Macao ! Peu de noms sont aussi glorieux dans l'histoire des missions de la Chine ! La ville était bien déchue, il est vrai, de son ancienne splendeur, mais la Compagnie de Jésus y possédait un collège, centre de toute son activité dans l'Extrême-Orient. Les nouveaux venus y furent reçus en frères. Bientôt deux belges, Couplet et Rougemont les rejoignirent : « Quel bonheur, s'écrie Couplet (1), que la vue des PP. Ferdinand (Verbiest) et Albert (Dorville) ! Ils étaient encore tout sales, tout déguenillés, portant la trace visible de leurs souffrances ! Mais, grâce à Dieu, depuis six mois, ils se remettent de leurs fatigues. »

On se raconta les péripéties du voyage. Le P. Georges Haynes, anglais, enlevé par un coup de mer, dans les eaux de Manille, sous les yeux de Couplet et de Rougemont. Le P. Antoine de Saldanha, d'une santé semblait-il à toute épreuve, décédé à Musilipatan. Hartoghvelt enfin, leur cher Ignace Hartoghvelt mort à Siam.

(1) Lettre de Macao, 4 fév. 1659. Le correspondant de Couplet n'est pas nommé. Publiée par Waldack, dans le *P. Philippe Couplet, Malinois*. ANNAL. POUR SERVIR A L'HIST. ECCL. DE LA BELG., t. 9, Louvain 1872, pp. 12-13.

Jamais les forces n'avaient répondu au courage de ce bon camarade de Louvain, d'Amsterdam, de Lisbonne, de Goa. Gravement atteint déjà par plusieurs maladies pendant son séjour à Goa, il s'était réembarqué mal guéri. Arrivé au Siam, il se sentit à bout de forces. On dut le descendre à terre et le confier aux soins de Jean De Ryck, chef du comptoir hollandais, et de sa femme. Ces braves gens, quoique calvinistes, ne partageaient pas les préjugés de leurs coreligionnaires contre la Compagnie. Ils soignèrent le malade avec une charité toute chrétienne (1). Dieu ne leur en laissa pas longtemps la charge et ne tarda pas de rappeler Ignace Hartoghvelt à lui.

Au Siam était aussi resté Michel Boym, chef de l'expédition. Il se proposait de regagner de là, par le Tonking, la cour du dernier des Mings, l'empereur Jun Lie. Les belges arrivés à Macao avaient plutôt pour objectif Péking et les provinces déjà soumises aux tartares-mantchoux. Je n'ai pas à raconter ici les vicissitudes de la longue conquête de l'Empire Chinois par les mantchoux. Commencée en 1644, elle n'était pas achevée en 1658. C'est ainsi que dans une lettre du 25 novembre de cette année, le P. Joseph Tissanier, futur visiteur de la Chine et du Japon, parle encore de Jun Lie comme du seul empereur légitime (2). Pendant quatorze ans, la monarchie Chinoise fut en réalité scindée et reconnut deux empereurs : Xun Chi, à Péking, au nord et au centre; Jun Lie, au Yun nan et

(1) Voir la lettre de Couplet à l'amiral Balthasar Bort, datée de Yeu-Ping, le 12 oct. 1662, publiée dans les *Dagh-Register gehouden int Casteel-Batavia.. Anno 1663*. Uitgegeven van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen... Batavia, 1891, pp. 59-60.

(2) *Lettre d'un père de la Compagnie de Jésus écrite du Tunquin le 25 de Novembre 1658 au père procureur de la province de France de la mesme Compagnie, sur l'estat present de la Mission du Tunquin et autres voisines.* Sans lieu, ni date, ni adresse d'imprimeur. La lettre est signée Joseph Tissanier. — Un exemplaire AR. liasse 1437.

dans quelques provinces méridionales frontières du Tonking.

Un trait de la conquête est encore nécessaire à l'intelligence de mon récit. L'Empire Chinois était au XVIIe siècle une immense bureaucratie, très centralisée et fonctionnant avec une incorrigible routine. Tchoung Tsing, le dernier empereur Ming qui ait régné à Péking, s'était fait la plus haute idée de la science astronomique du P. Jean Adam Schall de Cologne et l'avait mis à la tête de l'observatoire. En s'emparant de la capitale, les mantchoux trouvèrent à l'observatoire un service important, fonctionnant bien, dirigé par un étranger dont ils ne redoutaient pas le patriotisme. Ils ne songèrent pas à renouveler le personnel de la direction. Schall eut bientôt, à Péking, sous Xun Chi, plus d'influence qu'il n'en avait jamais eue sous Tchoung Tsing.

André Xavier, Michel Boym et d'autres pères étaient cependant demeurés fidèles aux Mings. Xavier baptisa l'impératrice Hélène, mère de l'empereur Jun Lie, et Achille son premier ministre (1). A la suite de ces événements, Michel Boym fut accrédité, en 1652, comme ambassadeur près du pape Alexandre VII, porteur de diverses lettres, qui nous ont été conservées dans la *Chine illustrée* du P. Kircher (2). Si à leur départ

(1) Une lettre inédite, autographe, du P. Henri Busée de Cologne, adressée au P. J. B. Engelgrave, provincial de Flandre-Belgique, datée d'Agra, le 29 sept. 1649, contient d'intéressants renseignements sur le sujet. AR., N° 872-915, ff° 148-151. Ils sont confirmés par une relation envoyée au P. Albert Raymackers à Louvain (même recueil, ff° 145-146). Voir aussi la très curieuse lettre du général Piccolomini, à Guillaume de Wael, provincial de Flandre-Belgique, pour être communiquée aux PP. de sa province ; elle est datée de Rome, et du 20 août 1650 (même recueil, f° 67).

(2) *La Chine d'Athanase Kirchere De la Compagnie de Jésus. Illustrée De plusieurs Monuments Tant Sacrés que Profanes, Et de quantité de Recherches de la Nature et de l'Art...* Traduit par F. S. Dalquié. A Amsterdam, Ches Jean Jansson à Waesberge, et les Héritiers d'Élizée Weyerstraet, l'An CIↃ IↃC LXX. Avec Privilege, pp. 135-137.

Le texte autographe original de ces lettres vient d'être récemment découvert à la Bibliothèque du Vatican. La BR. en possède une photographie Ms. II, 5214.

de l'Europe pour la Chine, les missionnaires furent divisés en deux groupes sous Boym et sous Martini, ce ne fut pas sans intention. Les premiers avaient pour objetif l'empire Ming, les derniers l'empire Mantchou. Mais à leur arrivée à Macao, en 1658, il ne pouvait être question de pénétrer en Chine, ni pour les uns, ni pour les autres. La dernière partie se jouait entre Mings et Tartares. Préoccupés par des intérêts égoïstes, soucieux de ne pas se compromettre, les mandarins de Macao se réservaient, regardaient se dérouler les événements, défendaient aux européens de quitter la ville.

Verbiest et ses amis durent patienter et attendre. A la fin de 1658, ils eurent un jour d'inquiétude. Une émeute de la populace troubla les rues de Macao. C'était un soulèvement du chinois contre le portugais, n'ayant en rien le caractère d'une persécution du païen contre le chrétien. Dorville nous a laissé un récit circonstancié de cette affaire (1) ; mais les belges n'y jouèrent aucun rôle. Tout ne tarda pas à rentrer dans l'ordre. Le 23 décembre Rougemont écrivait à Bollandus que Couplet, Dorville, Verbiest et lui se portaient bien (2).

L'année suivante 1659, Couplet, Verbiest et Rougemont furent admis aux derniers vœux. La cérémonie eut lieu, le 5 février, pour Couplet et Verbiest; le 16 du même mois, pour Rougemont. Le comble fut alors mis à leurs désirs, car au courant de cette même année 1659, tous purent pénétrer en Chine. Verbiest fut appliqué à la mission de Si-Gnan-Fou, dans la province de Xen-Si. C'est la seule époque de sa longue carrière pendant laquelle il mena à proprement parler la vie du missionnaire. Encore ne fut-ce pas pour longtemps.

(1) Lettre du 30 oct. 1658, à Goswin Nickel, citée ci-dessus.
(2) BR., Ms 16691-93, f° 1, autographe.

II

« J'habitais Si-Gnan-Fou depuis huit mois, écrit Verbiest, le 5 juillet 1660 (1), quand je reçus, le 5 février de l'année courante, une lettre du R. P. Jean Adam. Il m'y apprenait, qu'autorisé par le Père visiteur, il avait présenté une requête ou mémorial au roi, où il me peignait, dit-il, comme très au courant des sciences mathématiques, le priant de bien vouloir m'appeler à Péking, pour y prendre la place du P. Bernard Diestel, qui devait quitter pour motif de santé.

» Le soir du 24 avril, le vice-roi reçut les lettres patentes du roi et les remit à Chi-Hiem. Celui-ci me rendit visite le lendemain matin vers 9 heures, pour me les transmettre et me féliciter de l'honneur que le roi me faisait. Il me pria très humblement de bien vouloir, ce jour là même et les jours suivants, rendre visite au vice-roi et aux autres autorités. Dans ce but, il me prêta deux beaux chevaux. Je fis mes visites, en compagnie du P. François Ferrari. Non seulement je fus reçu partout avec des témoignages d'exquise politesse, mais tous ces grands personnages vinrent après me visiter chez moi.

» Trois jours après mon départ, le vice-roi m'envoya trois tables chargées de mets très variés. Je le remerciai et le priai de me faire l'honneur d'accepter en échange quelques petits cadeaux ; entre autres, un volume où notre religion était prouvée par les arguments de la raison naturelle.

» Le 9 mai, je quittai la ville de Si-Gnan-Fou, porté en litière à mulets. En ville même cependant, et jusqu'à un mille de distance, je montais à cheval. Plus de vingt cavaliers, les uns chrétiens, d'autres païens m'en-

(1) A. Philippe Couplet. Publiée en flamand, dans Cornelius Hazart, *Kerckelycke Historie*, t. I, t'Antwerpen, By Michiel Cnobbaert, 1682, pp. 242-243.

touraient. On remarquait parmi eux quelques parents du vice-roi ; l'un d'eux fit même route avec moi jusqu'à Péking. Beaucoup de nos chrétiens, échelonnés des deux côtés du chemin, marchaient avec nous, les uns devant, les autres derrière, nous faisant cortège pendant l'espace d'un mille. En plusieurs endroits, nous trouvâmes des collations prêtes. Tout cela se fit par les ordres d'un vice-roi, pas du tout notre ami et, en outre, d'une cupidité telle qu'elle a fini par provoquer son arrestation. Il est détenu aujourd'hui à Péking. Sur le devant de ma litière et sur tous mes bagages, se trouvait écrit en gros caractères : *Le très savant docteur Ferdinand, appelé par le roi.*

» En témoignage d'honneur, les gouverneurs de toutes les villes de mon parcours envoyaient à ma rencontre, jusqu'aux limites de leur territoire, huit ou dix cavaliers, porteurs de bannières, de trompettes, de tambours, de cymbales. Dès qu'ils apercevaient ma litière, ils sautaient à bas de leurs chevaux, tombaient à genoux, inclinaient jusqu'à terre têtes et bannières, poussaient des exclamations de bien-venue, me félicitaient de mon arrivée, tant en leur nom personnel qu'en celui de leur ville. Remontant ensuite à cheval, ils marchaient devant ma litière, aux sonneries des trompettes et aux accords des autres instruments de musique, m'accompagnant ainsi en cortège à travers les rues. Dans chaque ville, le gouverneur lui-même venait m'en faire les honneurs à quelque distance hors des murs. A son défaut, il déléguait son secrétaire pour me recevoir et me prier d'entrer.

» Dans la plupart des villes, on tirait à mon arrivée trois coups d'une grosse pièce d'artillerie. A ce signal la population accourait. La même chose se reproduisait au départ. Je traversai ainsi trente-cinq villes. Enfin, après un mois entier de voyage, j'arrivai le 9 juin à la capitale de Péking. »

A la vue de pareille marche triomphale, ce fut pendant quelques jours, on le pense bien, chez tous les missionnaires et dans la colonie belge surtout, un débordement d'enthousiasme.

« Béni soit Dieu, s'écriait Couplet (1), qu'un empereur payen comble de tant d'honneurs les prédicateurs de l'Evangile ! Que le Ciel donne aux payens la grâce d'embrasser une loi dont ils estiment à un si haut degré le prix ! Qu'il écarte les obstacles qui les en empêchent ! Mais heureusement, le petit peuple voit notre abnégation ! Il remarque que notre zèle pour le salut des âmes n'est refroidi en rien par le respect dont les grands nous entourent ! Aussi se sent-il encouragé par là à exécuter sans peine et allégrement ce que nous prêchons ! »

Il ne faudrait cependant pas s'y tromper. C'était Bernard Diestel et non pas Schall lui-même, dont Verbiest venait prendre la place. Schall conservait toute la direction de l'Observatoire. Témoin cette lettre écrite, quelques mois plus tard, par Verbiest lui-même (2).

« La mère du feu roi, grand'mère du roi régnant, montre au P. Jean Adam une affection extraordinaire ; se disant en public sa fille, le nommant son père, lui envoyant tous les mois quelques cadeaux.

» Les gouverneurs de la ville (de Péking) prièrent le P. Jean Adam de prendre la direction de la descente d'une cloche énorme suspendue à l'une des tours des remparts, pour la faire hisser ailleurs. Cette cloche a le sextuple des plus grandes d'Europe. La cloche d'Erfurt, un monstre, la plus lourde, non seulement de l'Europe mais de la terre entière, d'après le P. Kircher, ne pèse pas plus de 26 600 livres, tandis que cette cloche de Péking en pèse 120 000. Il y a ici à Péking,

(1) Ajouté en post-scriptum, à la lettre de Verbiest.
(2) Publiée en flamand par Hazart, *O. c.*, pp. 243-244.

8 cloches en cuivre et une en fer de pareilles dimensions. Elles y furent hissées, en l'an 1400, par le roi Yum Lo, qui voulait transmettre ainsi un nom fameux à la postérité.

» Nous célèbrerons, le mois prochain, l'anniversaire du P. Jean Adam. Dès maintenant, princes et savants s'apprètent à le féliciter en compliments magnifiquement imprimés. »

La première phrase de cette lettre, ne peut pas passer inaperçue. Ce n'est plus l'empereur, mais sa grand'mère qui donne au P. Schall des gages de bienveillance et de faveur. Xun Chi venait en effet de mourir inopinément au palais de Péking, le 6 février 1661, âgé de 24 ans à peine. Il laissait le trône à un enfant en bas âge, qui devait être un jour l'illustre empereur Kang Hi. Cette mort fut un coup de foudre pour la mission. « Jamais, dit Rougemont (1), depuis la fondation de l'empire Chinois, empereur n'eut, dans un étranger, la confiance que Xun Chi eut dans le P. Schall, jamais empereur ne lui rendit des honneurs pareils à ceux que Schall en reçut. » Pendant quelques années encore, les quatre régents de l'empire continuèrent cependant à conserver pour Schall les sentiments d'estime que lui avait voués Xun Chi. Au premier abord, rien ne parut donc changé.

Parmi les événements de la mission, notons, en juin 1661, le départ pour Rome (2) des PP. Grueber et Dorville, en ce moment attachés tous deux à l'observatoire de Péking. En quittant l'Europe, Grueber avait reçu de Goswin Nickel l'ordre de chercher à découvrir une route de Péking à Smyrne, par la voie de terre, à travers les déserts du Thibet. L'heure était venue de mettre le projet à exécution ; mais répugnant d'entre-

(1) *Historia Tartaro-Sinica Nova authore P. Francisco De Rougemont Societatis Jesu Belga, evangelii apud Sinas praecone...* Lovanii, Typis Martini Hullegarde, ante Hallas. Anno M.DC.LXXIII, p. 196.

(2) Voir mes *Documents sur Albert Dorville.*

prendre seul pareil voyage, il demanda Dorville pour compagnon et l'obtint.

En 1662 et 1663, je ne relève rien de saillant. Tout marche régulièrement.

Le 3 août 1664, le P. Jacques Le Faure, alors vice-provincial de la Chine, écrivait (1) : « Les Tartares permettent la publication de l'Évangile avec autant de liberté qu'en Europe ». Trois mois plus tard, revirement complet (2). Pour le comprendre, il faut rappeler quelques faits.

La promulgation du calendrier par l'empereur était, en Chine, la principale solennité de l'année. Fêtes légales, séances des tribunaux, transactions commerciales, toute la vie chinoise en un mot, se réglait par le calendrier. Accepter le calendrier chinois était, chez un souverain étranger, faire acte de vassal envers l'empire. De là l'importance qu'on y attachait. Non seulement il était défendu d'y changer quoi que ce soit, mais c'était un crime capital que d'imprimer ou de vendre des calendriers ne portant pas l'estampille officielle. Nous dirons plus loin pourquoi sa confection

(1) Au P. Chahu, procureur, en France, des Missions de la Chine. Publiée en français dans : *Les Dernières Nouvelles de la chrestienté de la Chine. Tirées des Lettres receuës par le Procureur des Missions de ce pays là.* A Paris, chez Denys Bechet... M.DC.LXVIII..., pp. 6-11. Un exemplaire, AR., bibliothèque, n° 1482.

(2) Jacques Le Faure au P. Chahu. Nanquin, 9 nov. 1664. En français. Même recueil, pp. 11-13.

Jacques Le Faure, naquit à Paris, en 1613 et fut admis au noviciat en 1630, à l'âge de 17 ans. Il enseigna la rhétorique à Caen, la philosophie à Bourges et à Paris et la théologie à Bourges. Le P. Pfister dans son précieux *Catalogus Patrum ac Fratrum e Societate Jesu qui a morte S. Fr. Xaverii ad annum MDCCCLXXII Evangelio Xti propagando in Sinis adlaboraverunt* (Shanghaï, typis A. H. de Carvalho, 1873) a au sujet du P. Jacques Le Faure une erreur qu'il importe de corriger. D'une part (p. 11) il fait entrer le P. Le Faure en Chine, en 1657, ce qui concorde avec les documents ; mais il place son vice-provincialat de 1654 à 1657 (p. 88), donc avant son entrée en Chine ! Or dans la lettre actuelle, du 3 août 1664 le P. Le Faure dit en termes exprès (p. 6) qu'il est vice-provincial depuis 3 ans. La rectification faite par Pfister à l'*errata* en appelle une autre. Le Faure fut vice-provincial, mais pas au moment indiqué.

était difficile. L'observatoire de Péking en avait la charge. Les astronomes chinois le calculaient par d'antiques tables des mouvements moyens, très défectueuses. Le désaccord entre le calcul et l'observation devenait-il par trop flagrant, on cherchait à y remettre quelque concordance à l'aide de vieilles tables arabes. Mais tout cela se faisait empiriquement, au hasard, sans aucune connaissance véritable de l'astronomie.

Quand Adam Schall fut appelé à l'Observatoire, il n'eut pas de peine à prouver l'ignorance de ses collègues et l'absurdité de leurs procédés de calcul. L'empereur Tchoung Tsing, prédécesseur de Xun Chi, se laissa sans peine convaincre et ne tarda pas à confier à l'illustre jésuite la direction complète de l'établissement. Les astronomes chinois, un certain Yam Quam Siem notamment, ne le pardonnèrent jamais au P. Schall. Ce Yam Quam Siem, personnage à réputation tapageuse dans l'histoire de Schall et de Verbiest, est fameux par son ignorance autant que par sa haine contre la religion. Pour les missionnaires, Yam Quam Siem, c'est en bien des cas l' « Adversaire » sans aucun nom propre, ni qualificatif. En 1664, l' « Adversaire » était déjà un vieillard.

Mais « l'Adversaire » n'était pas seul. Uming Huen, astronome mahométan, dont la spécialité étaient les vieilles tables arabes rappelées ci-dessus, l'encourageait et l'excitait. Cet Uming Huen gardait sur le cœur le souvenir d'une grosse humiliation (1). Dans le calendrier d'une des dernières années du règne de Xun Chi, Schall avait prédit qu'au huitième mois,

(1) Voir : *Historica Narratio de initio et progressu missionis Societatis Jesu Apud Chinenses, ac praesertim in Regia Pequinensi.* Ex Litteris R. P. Joannis Adami Schall ex eadem Societate, Supremi ac Regii Mathematum Tribunalis ibidem Praesidis Collecta. Viennae Austriae Anno M. DC. LXV. Typis Mathaei Cosmerovii, Sacrae Caesareae Majestatis Aulae Typographi, Cap. 21, pp. 213-224.

c'est-à-dire en octobre, Mercure, étoile du soir, ne serait pas visible. D'après Uming Huen, Schall se trompait. Il aurait eu raison, dit Schall, s'il avait fallu compter l'élongation de Mercure suivant l'écliptique, mais il oubliait de tenir compte de l'angle des deux orbites.

Uming Huen somma effrontément le tribunal des rites, dont dépendait le litige, de le trancher. Embarrassé, ennuyé, le tribunal prit une décision peu honorable, mais prudente ; il remit la sentence au mois d'octobre. Le ciel se serait prononcé d'ici là ; lui tribunal n'aurait plus qu'à sévir contre celui des deux plaideurs qui se serait trompé. Pour les astronomes officiels, un pareil genre d'erreur était passible de la peine de mort.

Intéressé par le problème, fort amusé de l'embarras de ses astronomes, le jeune Xun Chi demanda à Schall comment il se proposait de démontrer qu'il avait raison. La difficulté de faire la preuve était évidente. Si Mercure n'apparaissait pas sur l'horizon, Uming Huen ne s'arrêterait pas pour si peu. Il montrerait dans la direction donnée la première étoile venue, et affirmerait sans broncher, aux membres du tribunal, que c'était Mercure.

« Si Votre Majesté veut s'y prêter, répondit Schall, le moyen de reconnaître la vérité est fort simple. Qu'elle désigne trois mandarins ayant de bons yeux et leur ordonne de bien se mettre en tête toutes les étoiles du ciel, dans la région indiquée. Elle les nommera ses arbitres. »

Ainsi fut fait. Les trois mandarins se mirent à l'œuvre avec tant de bonne volonté et de plaisir, que bientôt ils connurent par cœur toutes les étoiles du Ciel. Au jour dit, une foule compacte se pressait à l'observatoire. On s'y coudoyait à ne pouvoir bouger. Un ciel des plus clairs promettait une observation excellente. Uming Huen radieux chantait victoire avant le combat, réglait avec affectation alidades et

cercles gradués, attirait sur lui tous les regards. Schall très calme se retira quelque peu à l'écart et s'assit en dehors de la foule.

Les trois arbitres s'approchèrent avec bienveillance de lui : « Où sont vos instruments ? lui dirent-ils. La partie adverse a déjà braqué les siens vers le point du ciel où Mercure doit apparaître ».

« Il n'est pas question d'instruments, répondit Schall, vos yeux vous suffiront. On n'aura pas l'occasion de mesurer si Mercure se montre plus ou moins loin du point du ciel assigné. Ouvrez les yeux vers l'occident, sans vous laisser distraire par le bruit qui vous entoure ».

La nuit tombait et les arbitres s'éloignèrent. Bientôt les plus faibles étoiles étincelèrent au ciel ; seul Mercure se faisait attendre. Uming Huen s'essuyait les yeux et tremblait, sentant que sa tête était en jeu. Pour se donner une contenance, il énumérait avec volubilité le nom des étoiles. Le temps s'écoulait. Tout à coup payant d'audace et dirigeant le doigt vers une étoile de la Balance :

« Mais le voilà, Messeigneurs, s'écria-t-il ! Mes yeux ne me trompent-ils pas ? Voilà ce Mercure que nous cherchions depuis si longtemps ! Voyez comme il brille ! »

« Imposteur ! répliquèrent les arbitres offusqués de tant d'outrecuidance, ce n'est pas là Mercure, mais une étoile de la Balance ! »

La nuit était venue et il eût été bien inutile d'attendre plus longtemps. Honteux, confus, tremblant devant les conséquences de son erreur, Uming Huen démonta ses appareils et disparut au milieu des huées de la foule. La condamnation à mort était inévitable. Elle suivit, en effet, mais Schall intercéda si bien que Xun Chi pardonna. Loin d'en être reconnaissant, Uming Huen n'en garda pour Schall que de la haine. Pendant de longues années cependant, ni Yam Quam Sien, ni

lui, n'osèrent la montrer ouvertement. Vers la fin de 1664, ils crurent l'heure de la vengeance arrivée. Schall fut inopinément frappé par une attaque d'apoplexie. Il en conserva une hémiplégie et perdit tout usage de la langue. Le terrible adversaire était donc réduit à l'impuissance ! C'était le moment de fondre sur lui.

Uming Huen et Yam Quam Sien semblaient avoir la partie belle. La maison de Péking comptait alors quatre hommes : Schall paralysé, hors d'état de se défendre ; Buglio (1) et Magalhaens (2), usés par le travail, vrais vieillards sans importance ; Verbiest enfin, jeune débutant inexpérimenté, dont on aurait aisément raison (3).

Ils ne soupçonnaient ni l'intrépidité, ni l'habileté du jouteur auquel ils allaient avoir affaire. Pleins de confiance, ils présentèrent un rapport aux quatre régents de l'empire, contenant contre Schall trois chefs d'accusation : les chrétiens conspiraient contre l'État ; la loi chrétienne était pernicieuse ; l'astronomie européenne était entachée d'erreur. Cette pièce fut prise en considération sérieuse. Quelques jours se passèrent dans une enquête préparatoire, en suite de quoi, le

(1) Louis Buglio naquit à Mineo (Sicile), le 26 janvier 1606 et entra dans la Compagnie à l'âge de 17 ans. Après avoir enseigné pendant quelques années au collège romain, il obtint la mission de la Chine, en 1637. Le P. Buglio parlait et écrivait le chinois avec une étonnante facilité. C'était aussi un artiste dessinateur.

(2) Gabriel de Magalhaens était de la famille de l'illustre navigateur. Il naquit à Pedrogão, en 1611, et entra dans la Compagnie en 1624. Il enseigna d'abord la grammaire, puis fut envoyé, sur sa demande, à Goa, en 1636, où il professa la philosophie, pendant un an. De Goa, il se rendit en Chine, où il pénétra en 1640. Le P. de Magalhaens avait un remarquable talent pour la mécanique.

(3) Schall et ses aides avaient à leurs ordres un personnel de 150 à 200 fonctionnaires, sans compter les simples ouvriers. Voici en langage moderne la répartition des emplois :

Schall : direction générale et astronomie proprement dite.

Verbiest : suppléant de Schall, avec droit de succession.

Buglio : chef des travaux graphiques.

Magalhaens : chef des travaux de laboratoire.

16 novembre 1664 au soir, des satellites se présentèrent à la porte de la résidence, porteurs contre les pères de mandats d'amener.

En sa qualité de mandarin, Schall fut simplement arrêté et traité avec certains égards. Quant aux trois autres pères, on les mit aux fers et on les chargea de chaînes : trois aux mains, trois aux pieds, trois au cou, celles-ci destinées à attacher le prévenu à un poteau. Les chaînes de Verbiest, dont les anneaux avaient l'épaisseur du doigt, mesuraient douze pieds de long. Elles étaient si lourdes que le patient en était réduit à passer la plus grande partie de la journée couché à terre. Ces mesures n'avaient cependant rien de particulièrement dur, ni d'outrageant en l'occurrence ; elles étaient d'un emploi courant, dans toutes les arrestations d'un homme du menu peuple.

Une longue lettre écrite plus tard par Rougemont au P. Félicien Pacheco, vice-provincial de la Chine (1), nous a laissé du procès un récit ému, poignant d'intérêt. Quelques juges étaient nettement favorables aux accusés ; d'autres, achetés la plupart à prix d'or, se montraient hostiles ; la majorité hésitait. Au point de vue chinois, les magistrats étaient, dans toute la force du terme, saisis d'une mauvaise affaire pour eux. Tout n'était pas de condamner les pères si on les croyait coupables ; il faudrait compter plus tard avec l'empereur Kang Hi. On sait le culte et le respect que tout chinois a pour ses ancêtres ; or Schall et les autres missionnaires avaient été les protégés de Xun Chi, père de l'empereur.

Les juges reconnurent assez rapidement que l'accusation de sédition ne tenait pas. Le second grief était

(1) *Historia Tartaro-Sinica Nova*. La lettre au P. Felicien Pacheco, datée : Ex *Quam Chen Fu* Metropoli Provinciae *Quàm Tùm* in Regno Sinarum, 16 Decembris 1668, forme la troisième partie de l'ouvrage. Elle fut écrite à la demande de Verbiest, pour garder le souvenir des événements.

beaucoup plus sérieux, car la haine du christianisme passionna toute cette affaire; mais il eût été dangereux de l'avouer. Les décisions de Xun Chi favorables à la religion chrétienne étaient péremptoires.

En apparence, la discussion finit donc par rouler tout entière sur les règles de l'astronomie européenne. Verbiest entrevit de prime abord qu'ici le poids de la défense allait peser en entier sur ses épaules. Il s'y préparait dans la prière et y réfléchissait pendant les longues insomnies que lui causait son infecte caverne à tabac; c'est le nom qu'il donnait en riant à sa geôle empestée par l'âcre fumée des pipes de ses gardes. A tout événement il était prêt.

On indagua d'abord sur une accusation d'un caractère astrologique. Xun Chi avait perdu un fils en bas âge. Consulté sur la date à choisir pour le jour des funérailles, le Tribunal des mathématiques, grave erreur, aurait désigné un jour néfaste au lieu d'un jour heureux.

« Et quand cela serait, répliqua Verbiest, en quoi Schall serait-il atteint ? Ignorez-vous la division en quatre classes du Tribunal des mathématiques ? L'une d'elles a pour objet exclusif le calcul des éclipses et du mouvement des astres. Voilà la seule dont Schall avait la direction. Voilà la seule aussi dont il est responsable. »

« Il est responsable de toutes les classes, dirent-ils, puisqu'il est leur supérieur. »

« Si le supérieur est responsable de toutes les fautes de ses inférieurs, reprit Verbiest, en ce cas, les vrais coupables c'est vous, car Schall était votre inférieur. »

Pour cette fois, les juges n'insistèrent pas. Je ne puis suivre ici Rougemont dans le détail de tous ces interrogatoires. Verbiest dut comparaître plus de trente fois. Mais voici une scène rentrant bien dans le cadre de mon sujet ; elle donnera une idée des autres.

On était à la veille d'une éclipse de soleil (1). Adam Schall malade avait laissé à Verbiest le soin de la calculer et les juges le savaient. Schall et son jeune aide étaient-ils bien les maladroits ignorants qu'Uming Huen et Yam Quam Siem leur représentaient ? Les juges avaient une excellente occasion de savoir à quoi s'en tenir. Sans rien dire aux prévenus, ils mandèrent devant eux les accusateurs. « Que chacun de vous, leur dirent-ils, détermine l'heure exacte où doit commencer l'éclipse. Au moment opportun, nous irons à l'observatoire vérifier par l'événement la bonté de vos calculs. » Les deux astronomes se mirent à l'œuvre. Yam Quam Siem prédit que l'éclipse commencerait à 2 h. 15^{m}, Uming Huen, à 2 h. 30^{m}. Dans son calendrier, Verbiest annonçait que le premier contact aurait lieu à 3 heures précises.

Au jour dit, de grand matin, on communiqua à Schall et à Verbiest un décret royal leur enjoignant de se rendre à l'observatoire. Jusque-là les deux prisonniers ne s'étaient doutés de rien. En les prenant ainsi à l'improviste, on espérait, peut-être, ajouter à l'humiliation de leur défaite. Mais devinant de quoi il s'agissait, Verbiest rassembla à la hâte quelques objets qui pourraient lui être utiles, puis se mit en route avec son vénérable compagnon. « C'était un beau spectacle, dit Rougemont, de voir s'avancer ce vieillard appuyé au bras d'un jeune homme, tous deux chargés de chaînes. » Arrivés à l'observatoire, ils y trouvèrent grande foule : les quatre régents de l'empire en personne, tous les grands mandarins, le personnel du tribunal des mathématiques au complet. Cela se pratiquait ainsi à chaque éclipse. A voir l'importance qu'on attachait à leur observation et le soin méticuleux qu'on y mettait, on eût pu croire que le salut de l'empire en dépendait.

(1) Rougemont, *Hist. Tart. Sin.* N°s 162-163, pp. 243-248.

Pour faciliter le contrôle de l'instant du contact, on avait projeté, en chambre noire et à l'aide d'une lunette, l'image de l'astre sur un écran (in tabulam) où les juges désignés d'office pouvaient aisément la voir. Deux heures et quart sonnèrent. Un mandarin proclama d'une voix retentissante : « Il est l'heure indiquée par l'astronome chinois. » Yam Quam Siem se tenait tremblant, debout à côté de l'image du Soleil, appelant de tous ses vœux une ombre qui n'arrivait pas. Uming Huen s'était approché. « Il est l'heure indiquée par le mahométan », dit la même voix. Il y eut cette fois une demi-heure d'angoisse, pendant laquelle rien ne se produisit. Les spectateurs trépignaient d'impatience. « Il est maintenant l'heure indiquée par vous », cria le mandarin en se tournant vers Schall. Il n'avait pas fini sa phrase, qu'un léger filament noir échancra le bord du Soleil. L'éclipse commençait.

La salle trembla d'une explosion d'enthousiasme. Avec la rapidité de l'éclair, la nouvelle du succès se répandit dans la foule qui, anxieuse, attendait au dehors le résultat de l'observation. Aussi malgré leurs chaînes, dont l'usage ne permettait pas de les débarrasser, le retour de Schall et de Verbiest vers leur prison fut une marche triomphale.

La cause eût pu paraître entendue. Il n'en fut rien. « Les juges, dit Rougemont, étaient comme Saul, s'obstinant dans leur erreur et ne voulant rien voir. » Schall et Verbiest continuaient à être traînés d'audiences en audiences, subissant perpétuellement les mêmes interrogatoires. Verbiest prenait parfois hardiment l'offensive. Il mit un jour Yam Quam Siem et Uming Huen au défi de calculer d'avance, pour un jour déterminé, l'ombre méridienne projetée par un gnomon, dont les juges leur donneraient la longueur à l'improviste. Comme toujours, ils payèrent d'audace et firent semblant d'accepter. La séance terminée, ils prirent

leurs mesures pour que l'épreuve n'eût pas lieu ; Verbiest tint bonne note de leur défaite. Nous l'entendrons, quelques années plus tard, renouveler avec succès ce défi en présence de l'empereur Kang Hi. Mais, pour le moment, sa cause semblait perdue. Le jugement définitif fut prononcé le 15 avril 1665. Buglio, Magalhaens et lui furent condamnés au fouet et à l'exil en Tartarie ; Schall devait être tenaillé vif, jusqu'à ce que mort s'en suive.

La Providence vint visiblement au secours des malheureux. Le lendemain, 16 avril, un de ces violents tremblements de terre, si fréquents dans le Pé Tchi-Li, ébranla Péking jusque dans ses fondements, semant partout les ruines et la mort. Les secousses se répétèrent, à bref intervalle, pendant plusieurs semaines. Ce fléau, terreur des chinois, a chez eux le caractère d'un avertissement du ciel, provoqué par quelque flagrant déni de justice. Aussi est-il de tradition, quand il se produit, de délivrer les prisonniers. Buglio, Magalhaens et Verbiest en bénéficièrent immédiatement et furent remis en liberté. Quant à relâcher Schall avec eux, les mandarins ne pouvaient s'y résoudre. A l'ébahissement des juges, Verbiest refusa de profiter de l'autorisation qu'on lui donnait et d'abandonner son vieux compagnon. Il resta dans la prison, continuant à y prendre en mains les intérêts de Schall, comme si c'étaient les siens propres. Sur ces entrefaites un incendie dévora le palais impérial. Le peuple y vit avec effroi un nouvel effet de la colère divine. C'en était trop. Les juges n'osèrent résister plus longtemps à la poussée de l'opinion publique. Le 2 mai 1665, Schall fut gracié.

Verbiest ne se tint pas pour satisfait. Simple pardon n'est pas réhabilitation ; il voulait davantage et l'obtint. Un décret solennel des régents de l'empire proclama que l'accusation entière portée contre Schall était dénuée de tout fondement. On n'alla pas plus loin.

Schall avait été dépouillé de ses charges et dignités; elles ne lui furent pas rendues.

Que devenaient pendant ces événements nos amis, Couplet, Rougemont et les autres pères ?

Répandus dans diverses provinces de la Chine, ils avaient au cours du procès été sommés de se rendre à Péking. Quelques-uns d'entre eux purent se faire oublier et passer inaperçus. La plupart répondirent à l'appel. Bientôt ils se trouvèrent réunis au nombre de vingt-quatre. On y remarquait Couplet et Rougemont. Au cours des débats ils ne furent guère molestés ; il s'agissait maintenant de statuer sur leur sort. De condamnation, il ne fut pas question ; on ne les accusait d'aucun délit. Mais les régents ne voulaient pas de ces étrangers sur le territoire de l'empire. On prononça donc contre eux une sentence d'exil, à Canton. Les pères quittèrent Péking, le 11 septembre 1665. Rougemont nous a laissé un récit de leur voyage (1). Traités pendant tout le trajet avec beaucoup d'égards par les autorités chinoises, ils furent même parfois reçus avec honneur.

Quant à Buglio, Magalhaens et Verbiest, qui habitaient une dépendance du palais impérial avec le P. Schall, ils eurent l'ordre de s'y confiner et de s'y tenir à la disposition du gouvernement. Position pénible et assez fausse, qui en faisait des espèces de prisonniers sur parole. Yam Quam Siem avait pris la succession de Schall à la direction de l'observatoire. Son ignorance était de notoriété publique. « Tout le monde croit que la première faute qu'il fera dans son emploi lui coûtera la vie », écrivait, le 15 mai 1666, Victor Reccio (2), vicaire provincial des dominicains de la Chine. Les

(1) *Hist. Tart. Sin.* Nos 188-193, pp. 295-304.

(2) SJ. — Copie du temps en italien.

Une traduction française a paru dans *Les Dernières Nouvelles de la chrestienté de la Chine*, par Chahu, citées ci-dessus, pp. 14-35.

régents se réservaient et tenaient Verbiest, Buglio et Magalhaens sous la main, pour recourir en cas de nécessité à leurs services. Cependant le vénérable P. Schall s'affaiblissait lentement. Dieu mit enfin un terme à ses souffrances en l'appelant à lui le jour même de la fête de l'Assomption, 15 août 1666 (1).

Un an après cette mort, le 28 août 1667 (2), un événement considérable se passait en Chine. Soni, l'un des quatre régents de l'empire, venait de mourir et son jeune pupille Kang Hi prenait personnellement en mains les rènes d'une partie du gouvernement. De prime-abord il fit sentir autour de lui avec quel maître on aurait à compter un jour. Pour le moment, faisant preuve d'un calme et d'une maturité au-dessus de son âge, il se contenta d'exiger des régents leurs comptes de tutelle, sans chercher d'ailleurs à leur enlever déjà leur part du pouvoir. Sucama l'un des régents ne put justifier son administration. Kang Hi le fit arrêter et charger de chaînes. Les missionnaires en éprouvèrent une impression de soulagement. Sucama leur avait toujours été très hostile. « Dans toute la persécution, ce fut en réalité lui le principal coupable », écrivait Verbiest au provincial de Flandre-Belgique, Égide van der Beken (3).

Le changement de gouvernement ne modifia pas beaucoup la condition des pères. Ils vivaient dans leur

(1) *Catalogus Patrum ac Fratum e Societate Jesu qui Evangelio Xti Propagando in Sinis adlaboraverunt*, (par Pfister). Tous les auteurs s'accordent pour faire mourir Schall un 15 août, mais les uns placent cette mort en 1665, d'autres en 1666, d'autres enfin en 1669. La date donnée par Pfister, 1666, est incontestable. Il serait trop long d'en exposer ici les raisons.

(2) Cette date est de nouveau incontestable. Elle est donnée, sous le coup de l'événement, le 3 septembre 1667, dans une lettre autographe de Verbiest à Égide van der Beken, provincial de Flandre-Belgique. AR., n°s 872-915, ff^os^ 92 et 93 (Publiée par Nuyts dans *Philippe Nutius à la Cour de Suède*, pp. 26-28). Comme cet événement eut certainement lieu un an après la mort de Schall, quelques auteurs le placent à tort, en 1666.

(3) Lettre du 3 sept. 1667, citée ci-dessus.

résidence « comme dans une prison domestique, disait plaisamment Verbiest, prison qui leur donnait de plus grandes facilités pour admirer le ciel que pour contempler la terre ». La bonne humeur ne lui faisait pas défaut.

Du 7 au 15 mars 1668, une comète brilla sur l'horizon de Péking, dans la constellation de l'Éridan. La queue était extraordinairement mince et allongée. Les mandarins exigèrent qu'on leur expliquât la cause de cette forme insolite. « A Tycho ou Ptolémée, dit Verbiest (1), vous répondriez modestement : je n'en sais rien, sans être le moins du monde diminué dans leur estime. A un gros ventre chinois, il faut donner une raison sans sourciller, du tac au tac, sous peine d'être perdu de réputation. » Verbiest leur en fournit pour leur argent. « Risum teneatis amici », écrit-il, en racontant la scène aux PP. Grelon, Couplet et Rougemont (2).

L'année 1668 s'écoulait. Yam Quam Siem multipliait les erreurs et les maladresses. Les pères de Péking étaient partagés entre l'espoir et la crainte. Tout faisait prévoir qu'à bref délai les régents de l'empire se souviendraient qu'ils avaient à leur disposition des mathématiciens, prêts à leur rendre service. Le danger vint cette fois, pour les pères, du côté où ils semblaient le

(1) JS. Verbiest à Adrien Grelon, pour être communiquée à Couplet et Rougemont. Péking, 18 avril 1668.

(2) Lettre du 18 avril 1668, citée ci-dessus. Voici d'après cette lettre les éphémérides de la comète.

Jour du mois de mars.	Asc. dr. en degrés.	Décl. aust. en degrés.
7	43	16 30′
8	45	16
9	47	15 30′
10	50	15
11	53	14 30′
12	56 30′	14
13	61	13 30′
14	65	13
15	71 30′	12 30′

moins devoir le redouter ; j'ai nommé Louis de Gama, visiteur de la Chine et du Japon.

Louis de Gama n'a pas laissé beaucoup de souvenirs. Les lettres où on en parle le peignent comme un homme vertueux, mais d'esprit assez étroit, très prévenu contre les chinois dont il ignorait les usages ; autoritaire, entêté, mais exécutant correctement et sans murmurer les ordres qu'il recevait d'en haut, quand d'aventure ils contredisaient ses idées.

De mathématiques, il ne voulait pas entendre parler. C'était pour les pères de Péking rejeter la seule planche de salut. Félicien Pacheco, vice-provincial de la Chine, en avait la mort dans l'âme. Jacques Le Faure, son prédécesseur récemment sorti de charge, prit sur lui d'exposer la situation au général, le P. Oliva (1).

« Je ne puis passer sous silence, dit-il, un point relatif à nos pères mathématiciens. A quatre reprises déjà, les trois pères de Péking se sont concertés et me demandent d'intervenir près du P. visiteur et du P. vice-provincial, et d'insister sur la nécessité, soit de former, soit de faire venir des pères astronomes, capables d'assister au moment voulu le P. Verbiest, de prendre même en cas de nécessité sa place, car la vie d'un homme n'est jamais assurée. D'après eux, ce sera là, tôt ou tard, la porte qui s'ouvrira de nouveau aux missionnaires, comme elle s'ouvrit après une autre persécution, il y a quarante ans.

» Le P. vice-provincial (Félicien Pacheco) et ses consulteurs se sont montrés très favorables au projet, mais ils n'ont pas de sujets. J'ai écrit à plusieurs reprises au P. visiteur et je lui ai envoyé les lettres autographes des trois pères de Péking, signées de leur main. Il finit par me répondre que mes lettres et celles de Péking ne lui avaient pas causé un médiocre plaisir ; c'est

(1) SJ. Autographe.

tout. Quant à l'affaire elle-même, il n'en dit pas un mot au P. vice-provincial. D'autre part, deux lettres du P. Verbiest nous apprennent que le P. visiteur lui défendait de se charger des mathématiques à la cour, quand bien même le roi le lui ordonnerait.

» A cette nouvelle, le P. vice-provincial et tous les autres furent atterrés. On ne les avait jamais consultés relativement aux mathématiques. En recevant vos lettres d'un avis si différent sur cette question des mathématiques à la cour, le P. visiteur a-t-il aujourd'hui retiré sa défense ? Nous l'ignorons. Depuis neuf mois, nous n'avons pas reçu de lettres de Péking.

» Que Votre Révérence me permette une prière !

» Si Votre Révérence se décide à nous envoyer quelques excellents astronomes, qu'elle les choisisse aussi dignes du P. Verbiest par la correction de leur tenue que par leur science ! Qu'ils fassent plus de cas des vertus religieuses, de la mortification surtout, que de leurs mathématiques ! De l'avis du Père vice-provincial, il nous faudrait ici au plus tôt deux pareils hommes .»

Je ne reviendrai plus, dans cette notice, sur ce différend entre les supérieurs immédiats de Verbiest, qui fit tant souffrir le grand missionnaire. Pleinement approuvé par le plus grand nombre et énergiquement appuyé par eux, il eut à essuyer de la part de quelques autres d'âpres critiques. Des envieux l'accusèrent de brigue, d'ambition, allèrent même jusqu'à faire fulminer contre lui une sentence d'excommunication. Elle fut cassée à Rome, par le général Charles de Noyelles. Innocent XI approuva lui aussi pleinement la conduite de Verbiest (1).

Je n'en dirai pas davantage.

(1) Bref du 3 déc. 1681. Souvent réimprimé, traduit en diverses langues et cité, notamment dans la *Notice* de l'abbé Carton, pp. 45-46.

III

En s'attendant à voir l'empereur en appeler à bref délai à la science astronomique de Verbiest, Jacques Le Faure et Félicien Pacheco ne se trompaient pas. Au cours d'octobre 1668, Yam Quam Siem, juste châtiment du ciel, ressentit à son tour les premières attaques du mal qui avait jadis paralysé le P. Schall, l'apoplexie. Réduit à une demi-inactivité, il eut recours à Uming Huen ; mais, malgré la revision de ce dernier, ses calendriers pour 1669 fourmillaient d'erreurs. Exemple : aucun des deux maladroits n'avait remarqué qu'à l'équinoxe la longueur du jour doit, par définition, égaler celle de la nuit. « Son calendrier a deux équinoxes du printemps et deux équinoxes d'automne » disait, en se gaussant d'eux, Verbiest.

Autre balourdise : l'année chinoise étant luni-solaire est formée de 12 lunaisons, ou mois, compensés périodiquement par une année de 13 mois. Cette irrégularité était, pour les chinois, la vraie difficulté du calcul de leur calendrier. Yam Quam Siem s'y était embrouillé, en mettant un mois intercalaire en 1669, année qui n'en devait pas avoir. Uming Huen, n'y voyant pas plus clair que lui, n'avait rien corrigé.

Verbiest fit rapport sur ces fautes grossières. Mais les régents tâchèrent d'arrêter la pièce et de la celer au souverain. Il leur en coûtait d'avouer, qu'en remplaçant jadis Schall par Yam Quam Siem, ils avaient fait une nomination déplorable. Les choses en étaient là au soir du 24 décembre 1668, veille de la Noël. Louis Buglio, supérieur de la résidence de Péking, devisant avec Magalhaens et Verbiest, pendant leur pauvre collation du soir, dépeignait à ces pères la situation comme désespérée. Dieu leur ménageait au contraire un joyeux

Noël. L'empereur Kang Hi venait d'être informé des évènements (1).

Le jour de la Nativité de grand matin, quatre mandarins, trois de nationalité tartare et un chinois, tous de l'ordre immédiatement inférieur à celui des colaos ou ministres, frappèrent à la porte de la résidence. « Ouvrez, dirent-ils, nous sommes porteurs d'un ordre verbal du roi. » A ce propos, soit dit ici une fois pour toutes : en parlant du souverain de la Chine, les documents anciens lui donnent indifféremment les titres de roi ou d'empereur. Je fais de même, m'en tenant à la seule règle de changer le moins possible les textes que je cite.

Le portier courut avertir le P. Louis Buglio, supérieur. Celui-ci convoqua les pères et dit joyeusement

(1) Les faits rapportés dans ce paragraphe sont empruntés à quatre sources :

1° Une longue lettre du P. Gabriel de Magaglianes (Magalhaens), contresignée par Louis Buglio et Ferdinand Verbiest, datée de Péking, le 2 janvier 1669. J'en connais :

a) SJ. — Une copie, en portugais, authentiquée à Macao, le 8 mars 1669, de la main du P. Louis de Gama, visiteur de la Chine et du Japon. C'est le texte original.

b) AR. — Une traduction italienne très fidèle. N. 872-915. ff° 105-112. Le post-scriptum ne se trouve pas dans l'original portugais.

c) BB. — Une traduction italienne, assez modifiée, publiée dans : *Compendiosa Narratione Dello Stato della Missione Cinese cominciando dall' Anno 1581. fino al 1669.* Offerta in Roma... Dal P. Prospero Intorcetta della Compagnia di Giesù, Missionario, e Procuratore della Cina..... In Roma Per Francesco Tizzoni. MDCLXXII, pp. 77-114.

2° AR. — N° 1427 cahier relié : Lettres annuelles des provinciaux des jésuites d'Asie au P. Général, 1618-1669. La pièce est en français et intitulée : « Recueil des choses plus remarquables qui se sont passées à la cour de Pekin, touchant la mathématique, cette année 1669 », ff° 173-199.

L'auteur est le P. Adrien Grelon ou Greslon, qui écrit le 10 nov. 1669. Cette pièce est une deuxième suite à son *Histoire de la Chine sous la dominat on des Tartares.* Paris, Henault, M.DC.LXXI. (Bibl. Roy. de Munich.)

3° *Astronomia Europaea svb Imperatore Tartaro Sinico Cam Hy appellato ex umbra in lucem revocata* à R. P. Ferdinando Verbiest, Flandro-Belga e Societate Jesu Academiae Astronomicae in Regia Pekinensi Praefecto... Dilingae, Typis et Sumptibus, Joannis Caspari Bencard, Bibliopolae Academici. Per Joannem Federle. Anno M.DC.LXXXVII. Ch. I-VII, pp. 1-21. Cet ouvrage fut publié, plus de 18 ans après les évènements, sur des papiers de Verbiest, par Philippe Couplet. Pour les dates et le texte des interrogatoires,

au P. Magalhaens : « Béni soit Dieu ! Voici la fin de nos maux ! Le roi se rappelle notre existence ! »

Les pères se mirent en devoir de bien recevoir leurs visiteurs. Les mandarins les abordèrent avec amabilité et mille marques de politesse, disant qu'ils venaient leur demander un renseignement de la part du roi. Il fallait pour cela leur indiquer un endroit écarté où personne ne pourrait entendre, ni surtout comprendre, ce qui se dirait. Question d'étiquette et de respect pour la parole souveraine.

On choisit la chambre du père supérieur. Gens de la suite des mandarins et domestiques des pères eurent alors l'ordre de s'éloigner ; puis la chambre du supérieur fut fermée à clef par l'intérieur. Ces formalités accomplies, on ordonna aux pères de s'agenouiller pour écouter la question royale.

Magalhaens témoin oculaire, écrivant encore tout ému sous le coup des évènements, mérite plus de confiance que l'*Astronomia Europaea* qui les résume ; mais cette dernière fait mieux connaître le détail des expériences. C'est cet ouvrage, et non pas celui du n° 4 ci-dessous, que nous désignons en abrégé par *Astronomia Europaea*.

4° *Compendium latinum proponens XII posteriores figuras libri Observationum Necnon priores VIII figuras libri Organici.*

Il est divisé en deux livres : *Liber Observationum* (Description des expériences) et *Liber Organicus* (Description des appareils).

BR. coté V. H. 31075 ; Ville d'Anvers, N° 4978.

Autographie chinoise de l'écriture de Verbiest, imprimée par le procédé xylographique. Nous la désignons en abrégé par *Compendium*.

Le texte de cet ouvrage a été réédité dans l'*Astronomia Europaea*, citée au n° précédent, dont il forme le chap. XII pp. 40-57, mais dans cette réédition les figures sont omises.

Sous le titre de *Astronomia Europaea sub Imperatore Tartaro-Sinico Cam Hy appellato Ex vmbra in lucem reuocata A P. Ferdinando Verbiest Flandro-Belga Brugensi e Societate Jesu Academiae Astronomicae In Regia Pekinensi Praefecto Anno Salutis M.DC.LXVIII*, l'Observatoire Royal d'Uccle possède un précieux recueil de planches renfermant la plupart de celles du *Compendium latinum* et beaucoup d'autres encore. Il a été gracieusement mis à notre disposition. C'est d'après cet exemplaire que nos figures des instruments de Verbiest ont été reproduites. Encore une fois, malgré l'analogie des titres, il ne faut pas confondre ce recueil de planches avec l'*Astronomia Europaea*, imprimée à Dilingen, en 1687.

« Savez-vous les mathématiques ? » leur demandèrent alors les mandarins.

« Nous sommes deux vieillards qui les ignorons, répondit le père supérieur, mais en toute autre chose nous nous mettrions avec joie au service du roi. Le P. Ferdinand Verbiest est un mathématicien distingué, tant en théorie, qu'en pratique. »

Cette réponse faite, les pères eurent l'autorisation de se relever ; puis on s'assit et l'on se mit à causer. La conversation roula aussitôt sur le calendrier de Yam Quam Siem pour la huitième année de l'empereur Kang Hi, c'est-à-dire 1669.

Les mandarins demandèrent à Verbiest de leur montrer quelques-unes des erreurs qu'il contenait. Le père le fit avec tant de clarté, dit Magalhaens, auquel nous devons ce récit, qu'ils en étaient dans l'ébahissement. Il leur signala le 13e mois intercalaire, qui ne se justifiait pas et devait être reporté à l'année suivante ; leur fit remarquer que le 19e jour de la 2e lune, la longueur assignée au jour était égale à celle de la nuit, tandis que l'équinoxe du printemps était mise le 21 du même mois. Cette dernière faute de Yam Quam Siem, palpable, grossière, provoqua un long accès d'hilarité. Les mandarins visiblement satisfaits retournèrent rendre compte au roi du résultat de leur visite.

Le soir, après le coucher du soleil, ils revinrent porteurs de nouveaux ordres. Le roi prescrivait aux pères de se rendre au palais le lendemain 26 décembre de grand matin. A leur arrivée, ils y trouvèrent déjà réunis de nombreux mandarins, tous les membres du tribunal des mathématiques, Uming Huen et Yam Quam Siem ; le maure et l'adversaire, comme affecte de les nommer Magalhaens.

A un moment donné, tout le monde eut l'ordre de s'agenouiller, puis l'un des quatre mandarins députés la

veille en visite chez les pères, lut le rescrit royal, ainsi conçu :

« Moi, le roi, je vous ordonne à tous de mettre fin à vos querelles, controverses, injures et vieilles inimitiés ; de vous efforcer avec bonne volonté de formuler une règle mathématique, sans équivoques ni erreurs, mais qui soit la meilleure possible. »

Cette lecture terminée, on se releva. Les quatre mandarins députés vers les pères leur étaient fort favorables. Interpellant Yam Quam Siem, ils lui demandèrent compte des erreurs de son calendrier. Pour toute réponse il riposta par des noms d'animaux et de grands coq-à-l'âne. J'emploie les expressions de Magalhaens. Les mandarins riaient et lui donnaient avec succès la réplique.

Vers l'heure de midi on se mit à table et l'on obligea les pères à s'asseoir à côté de Yam Quam Siem. Alors le collègue de ce dernier, Mahum, président tartare du tribunal des mathématiques (1), dit en élevant la voix :

« A quoi bon, Messeigneurs, s'épuiser en disputes que la plupart de nous ne comprennent pas ? Obéissez au roi. Terminez l'affaire vite et bien. Le roi vous commande d'établir une règle de mathématiques sûre, exempte d'erreur. La vraie règle des mathématiques est celle qui prédit, avec exactitude et sûreté, les éclipses observables à nos yeux ; qui détermine, avec vérité et certitude, le cours des planètes dont dépendent toutes les autres opérations mathématiques. Ces qualités se rencontrent toutes dans la règle européenne. Pourquoi vous attarder en chamaillis à en chercher une autre ? Nous ne saurions la trouver. »

D'unanimes marques d'approbation accueillirent ce discours.

(1) Toutes les cours et commissions permanentes chinoises dites « tribunaux », étaient composées, en nombre égal, de membres chinois et tartares. Elles avaient deux présidents, un de chaque nationalité.

« Êtes-vous prêt à suivre, défendre, publier la règle européenne, comme exempte de toute erreur ? » demandèrent alors à Verbiest les quatre mandarins.

« Elle est la seule véritable, répondit-il ; je la défendrai volontiers. »

Ils ne s'adressèrent pas à Yam Quam Siem. Sa vieille règle chinoise était hors de cause. Elle était déjà condamnée par le roi, dit simplement Magalhaens, sans nous apprendre en quelle circonstance. Mais avisant Uming Huen : « Avez-vous l'intention de défendre votre règle ? » dirent-ils.

« Elle n'est encore ni formulée, ni corrigée », répondit le maure.

« Mais alors, insistèrent-ils, le calendrier de la 8e année du règne de Kang Hi, c'est-à-dire, 1669, est-il correct ? »

« Suffisamment ! » dit le maure.

« Suffisamment ! s'écria un des quatre mandarins. Prenez bien garde à vos paroles. Contient-il des erreurs oui ou non ? »

« Il ne contient pas la plus légère erreur ayant besoin de correction », affirma Uming Huen.

« Ainsi donc, ajouta un autre mandarin, vous êtes assez osé pour présenter au roi un calendrier comme correct, tout en sachant qu'il ne l'est pas ! »

En fin de compte et malgré l'opposition de Yam Quam Siem, d'Uming Huen et d'un colao chinois fort hostile aux pères, on décida de s'en tenir aux règles européennes. Cependant le maure se défendait énergiquement. Trois ou quatre fois Verbiest se leva et lui fit des objections « qui le mirent tellement dans le sac », dit Magalhaens, que s'il avait eu la moindre vergogne, il ne se serait plus risqué à causer mathématique.

Enchantés du succès de Verbiest, les quatre mandarins entreprirent de convertir le colao chinois à leur manière de voir. Ils réussirent sans trop de peine à lui faire avouer la supériorité de l'astronomie européenne.

Se sentant absolument isolé, Uming Huen se résigna, de mauvaise grâce, à l'accepter lui aussi. L'accord fut consigné par écrit, en chinois et en tartare, langue officielle de la cour.

Les quatre mandarins et le colao se retirèrent alors pour faire rapport au roi. Mis au courant, Kang Hi donna l'ordre d'introduire en sa présence Yam Quam Siem, Uming Huen, les trois pères et tout le tribunal des mathématiques. On entra et l'on se mit à genoux par ordre de dignité ; les pères les derniers.

« Quel est parmi vous le mathématicien ? » leur demanda Kang Hi.

« Verbiest », dirent-ils.

Sur cette réponse, Kang Hi prenant un air grave et affable, le fit approcher, lui posa diverses questions, dont la dernière fut celle-ci : « Y a-t-il un moyen de nous faire voir quelle est la vraie et la fausse règle des mathématiques ? »

« Il en est un fort simple, dit Verbiest. Que les mandarins de Votre Majesté donnent à Yam Quam Siem une tige d'une forme et d'une hauteur à leur choix ; qu'ils en donnent une autre à Uming Huen ; qu'ils m'en donnent une troisième. Un, deux, ou autant de jours qu'on le voudra avant celui de l'expérience, nous les fixerons perpendiculairement au sol, puis nous déterminerons quelle sera la longueur de l'ombre à midi. Celui de nous qui se trompera le plus dans le calcul, sera convaincu d'avoir la plus mauvaise mathématique. »

La proposition plut à Kang Hi. Son entourage donnait aussi des signes d'assentiment. On s'adressa alors à Yam Quam Siem et à Uming Huen et on leur demanda, au nom du souverain, s'ils connaissaient le calcul des ombres et s'ils étaient prêts à tenter l'épreuve.

Ils répondirent qu'ils connaissaient ce calcul et acceptaient le défi.

S'adressant ensuite directement lui-même à Yam Quam Siem : « Acceptez-vous aussi de vous servir des règles de l'astronomie européenne, comme il vient d'être convenu ? » interrogea Kang Hi.

Ainsi interpellé, le chinois s'emporta.

« Un sujet de Votre Majesté, s'écria-t-il, ne peut avoir aucune accointance avec ces hommes toujours en révolte, au Japon d'abord, aux Philippines ensuite ; qui maintenant, cette année même, cherchent à se rendre maîtres de l'empire, en bâtissant, avec la misère et le sang du peuple, d'innombrables églises, vraies citadelles contre Votre Majesté ! Déjà, si je n'eusse découvert leurs perfides machinations, ils eussent atteint leur but. Leur loi est diabolique. En elle-même, c'est une révolte. Elle consiste essentiellement à adorer comme Dieu un rebelle, crucifié pour ce motif sur un tronc de bois, qui mourut dans les tourments en punition de ses crimes. » Ce disant, il étendait les bras en croix.

Il allait continuer, mais les deux anciens régents ses protecteurs, se jetèrent sur lui et l'obligèrent à se taire. Kang Hi ne fit pas un geste, mais la colère et l'indignation se peignaient sur son visage. « C'est merveille, écrit Magalhaens, de voir l'empire que ce jeune homme de quatorze ans possède sur lui-même ! »

Prenant la parole en langue tartare, « J'ordonne à Mahum, président tartare du tribunal des mathématiques, dit-il d'un ton grave et sévère, de répéter en chinois à Yam Quam Siem, ce qui suit :

« Aujourd'hui même je vous ai commandé, à vous, et à tous, de mettre un terme à vos injures et à vos haines ; de chercher, avec bonne volonté, à déterminer la vraie règle de la mathématique ; et jusqu'en ma présence, vous vous permettez le contraire ! N'est-ce pas là enfreindre mes ordres ? Je vous interroge sur les mathématiques, et vous me répondez que les européens

sont des rebelles ! Comment voulez-vous que vingt-cinq hommes, épars par toute la Chine, se puissent emparer de mon vaste empire ? Je vous ai enjoint de me chercher des hommes sages, entendus en mathématiques, en état de me servir, puisque vous n'y étiez plus bon et réduit à l'incapacité. Vous saviez que le P. Ferdinand Verbiest, homme de tant de mérite et de science, habitait cette cour ; non seulement vous ne me le proposiez pas, mais vous me le cachiez. Allez donc, homme vil, indigne, mauvais ! »

On se répétait dans la foule que, sans un reste d'égards pour les deux régents, Kang Hi eût fait étrangler Yam Quam Siem sur l'heure. La chose n'est pas douteuse, observe Magalhaens, car il n'est pas d'exemple dans l'histoire de la Chine, d'un sujet ayant parlé impunément avec cette audace au souverain.

Après cette apostrophe, Kang Hi renvoya l'assemblée.

Vers quatre heures et demie, il rappela les trois pères, les traita avec bienveillance et les fit causer longuement sur les choses d'Europe.

« Y a-t-il quelqu'un d'entre eux, qui soit habile artisan, adroit de ses mains ? » demanda-t-il enfin à son entourage.

« Oui, dit un des deux régents, en désignant du doigt le P. Magalhaens, celui-là, qui est au milieu des trois. »

Sur ce, Kang Hi congédia les pères, en commandant à Verbiest de lui composer, pour l'année suivante, ce que les chinois appellent un Tien Siam, c'est-à-dire, le pronostic des phénomènes naturels des quatre saisons.

Au moment où les pères se retiraient, on leur dit, de la part du roi, de se rendre au palais de grand matin, le lendemain fête de la Saint-Jean. Ils n'y

manquèrent pas et y trouvèrent les quatre mandarins et en outre les deux présidents, l'un tartare, l'autre chinois, du tribunal suprême de la cour, auquel le tribunal des mathématiques lui-même est subordonné. Ces derniers demandèrent à Verbiest quelques éclaircissements sur son expérience de l'ombre méridienne du gnomon. Verbiest se déclara prêt à faire l'expérience, non seulement à midi, comme il l'avait proposé d'abord, mais à telle heure, en tel lieu, avec tel gnomon, grand ou petit, qu'ils le voudraient.

« L'empereur nous ordonne de nous rendre à la tour de l'observatoire, dirent-ils. Opérez avec le gnomon que vous y trouverez. »

S'adressant alors à Yam Quam Siem, ils lui demandèrent s'il était, lui aussi, toujours prêt à tenter l'expérience. Le malheureux hésitait à se prononcer, n'osant dire ni oui, ni non.

Ils interrogèrent enfin Uming Huen. Mais le maure avoua carrément qu'il ne savait pas calculer la longueur de l'ombre.

A cette reculade, les mandarins s'indignèrent :

« Ainsi donc, lui dirent-ils, vous vous déclarez d'abord capable, vous acceptez le défi ; et, mis en demeure de vous exécuter, vous dites le contraire, avouant votre ignorance. »

Ils allèrent en référer au roi et lui demander si, après les aveux de Yam Quam Siem et d'Uming Huen, il y avait lieu, pour Verbiest, de passer à l'expérience.

Kang Hi répondit qu'oui.

On partit donc, tous ensemble, pour la tour de l'observatoire, où l'on arriva à onze heures et demie. Elle était à l'orient de la ville. Verbiest y trouva une colonne d'airain de 8 pieds géométriques et 3 doigts de hauteur, placée sur une table aussi d'airain, longue de 18 pieds, large de 2, épaisse d'un doigt. La longueur

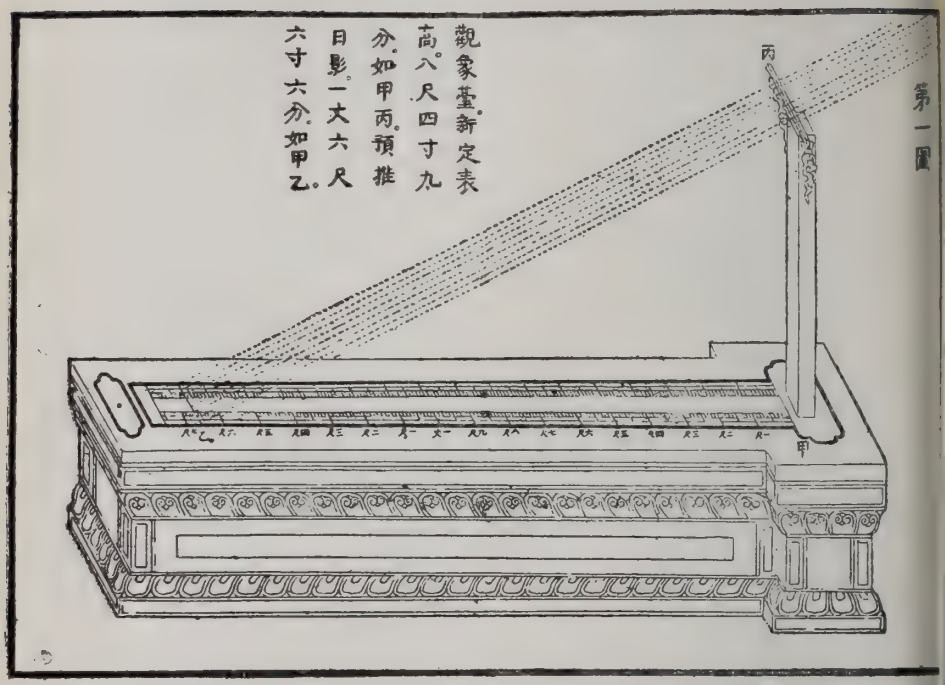


Fig. 2.

Compendium, Liber Observationum, figura 1.

Colonne d'airain de 8 pieds géométriques, 3 pouces ou doigts de haut, dressée sur une table de même métal, de 18 pieds de long, 2 pieds de large et 1 pouce d'épaisseur. L'appareil entier reposait sur une autre table de marbre de 4 pieds de haut. Tout autour une rainure d'un demi-pouce de creux et de large pouvait se remplir d'eau de manière à vérifier la parfaite horizontalité de la table. Au haut de la colonne une planche mobile à l'aide de laquelle Verbiest donna à la colonne une hauteur de 8 pieds 4,9 pouces, lors de la première expérience de la mesure de la longueur de l'ombre méridienne ; et une hauteur de 8 pieds 5,5 pouces, lors de la troisième.

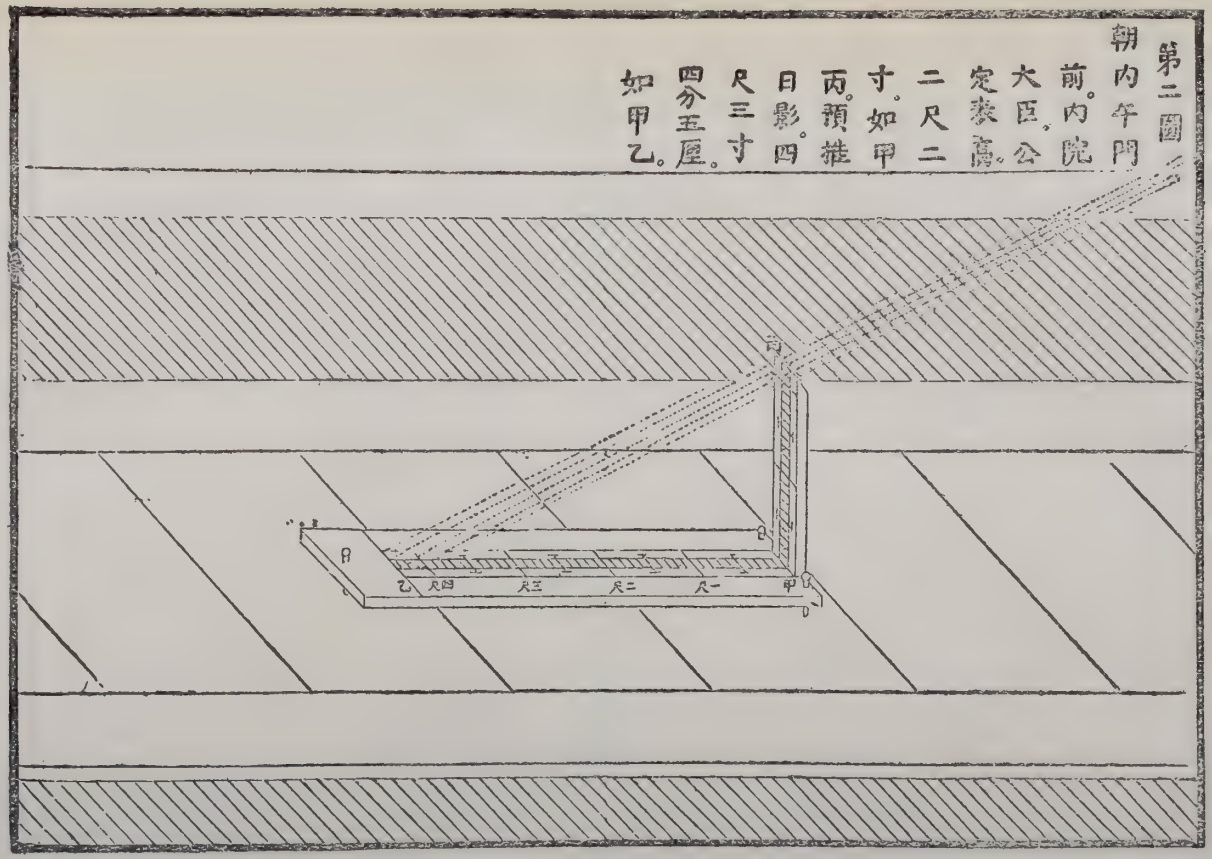


Fig. 3.

Compendium, Liber Observationum, figura 2.

Appareil en bois construit par le P. Gabriel de Magalhaens pour servir à la seconde expérience de la mesure de la longueur de l'ombre méridienne. Le gnomon avait 2 pieds, 2 doigts ou pouces. La table reposait sur

était divisée en pieds, doigts et décimales. Autour régnait un canal d'un demi-doigt de profondeur, creusé dans l'airain. En le remplissant d'eau, on s'assurait que la table était bien horizontale. Originairement cette colonne était destinée à mesurer chaque jour l'ombre méridienne ; mais avec le temps, elle s'était sensiblement inclinée (FIG. 2).

On prépara un style de 8 pieds 1 doigts 9 dixièmes. Verbiest prit une planche, qu'il plaça bien horizontalement au sommet de la colonne, à la hauteur imposée. Il indiqua exactement, sur la table, le pied de la projection orthogonale de la planche, à partir duquel l'ombre devait être comptée, puis fit rapidement ses calculs, sans se laisser distraire par le bruit des conversations, ni émouvoir par les critiques. Quand il les eut achevés, il annonça que l'ombre aurait 16 pieds 6 doigts et 65 centièmes. L'observation confirma la justesse du calcul.

« Nous avons un grand maître », se répétaient avec admiration les spectateurs.

Seuls Yam Quam Siem et Uming Huen firent des réserves. Ils contestèrent l'exactitude du résultat, ergotant sur l'indécision du bord de la pénombre.

Le lendemain, fête des Innocents, l'empereur fit répéter l'expérience dans un des corridors du palais, mais avec quelques modifications. On donna au père un style de 2 pieds 2 doigts ; on lui demanda de calculer la longueur de l'ombre, qu'il trouva égale à 4 pieds 3,15 doigts ; puis on lui imposa de mettre le style en place de manière à réaliser l'expérience.

Pour construire l'appareil, Verbiest recourut à l'adresse du P. Magalhaens. Aidé d'un charpentier celui-ci passa la nuit à fabriquer une table assez grande pour recevoir l'ombre entière, la munit de trois vis de réglage, d'un niveau et d'un fil à plomb ; puis y adapta le style (FIG. 3). Verbiest avait au plus haut degré l'art

d'imaginer des expériences propres à impressionner le public. La table était légèrement élevée au-dessus du sol et l'ombre, qui tombait à côté, paraissait excéder de beaucoup la longueur calculée. Yam Quam Siem, Uming Huen et le colao chinois, leur ami, triomphaient bruyamment. Verbiest laissait dire. Le soleil approchant du méridien, l'ombre monta sur la table, se raccourcit et passa au point marqué.

La foule des spectateurs éclata en applaudissements et trépigna de joie. Mahum, le président tartare du tribunal des mathématiques, ne put retenir une exclamation prouvant à la fois son ignorance et sa surprise.

« Votre Seigneurie a-t-elle quelque objection à faire ? » s'écria-t-il, en s'adressant au colao chinois.

« Non », répondit-il, de mauvaise grâce. « Pouvait-il contredire tout le monde, dit Magalhaens, y compris le Soleil lui-même ? » Le colao ajouta même d'un ton pincé : « C'est fort bien réussi et exécuté avec beaucoup de précision. »

On ne se fit pas faute de houspiller Yam Quam Siem et Uming Huen. Ils convinrent qu'ils étaient battus.

Cependant, pour ne rien décider au hasard, Kang Hi commanda de recommencer une troisième fois l'épreuve. Elle eut lieu le lendemain, 28 décembre. On revint à la table d'airain, on y plaça un style de 8 pieds 0,55 doigts et l'ombre devait avoir 15 pieds 8,3 doigts. Le succès fut le même que les deux fois précédentes.

« Pendant ces expériences, dit un bon juge, Delambre (1), Verbiest ne devait pas être tout à fait tranquille. »

(1) *Histoire de l'Astronomie du moyen âge.* ... Paris, Courcier, 1819, p. 215. Dans le narré de l'expérience, Delambre fait un contre-sens, provenant de ce que les figures des chapitres III et XII de l'*Astronomia Europaea* font défaut. « Verbiest plaça une planche, dit Delambre, en avant de la colonne », comme si cette planche devait indiquer l'extrémité de l'ombre. Or, Verbiest dit dans le texte : « ego ad caput praefatae columnae tabellam ligneam trans-

C'est vrai et il nous avoue ingénument ses inquiétudes. « J'avais tenté plusieurs fois en particulier des épreuves pareilles, dit-il ; rarement, même avec des gnomons plus courts, l'ombre s'était si bien accordée avec le calcul. Il y avait presque toujours de l'erreur. » Aussi attribue-t-il un succès si complet à une protection manifeste de la divine Providence.

Après pareil triomphe, la science de Verbiest n'était plus contestable. Kang Hi, très désireux de se débarrasser du reste de tutelle des deux régents du royaume, crut que les scènes précédentes lui en fournissaient la meilleure occasion. Les régents avaient poussé et protégé de toute manière Yam Quam Siem et Uming Huen, contre Schall et son école. Kang Hi résolut de donner aux erreurs des deux ignorants le plus de retentissement possible. Tant pis pour leurs protecteurs !

Le calendrier de 1669 comprenait deux volumes.

Le premier donnait les mois lunaires. On y trouvait, par jours et par heures, les conjonctions, oppositions et quadratures de la Lune et du Soleil ; en outre, l'entrée du Soleil dans chacune des 24 constellations du zodiaque chinois. Le second volume ressemblait aux *Éphémérides* d'Argoli (1) ; c'est Verbiest lui-même qui fait ce rapprochement. Il indiquait la position des planètes pour chaque jour de l'année.

Les calendriers calculés par Yam Quam Siem mani-

versam, cujus supremum latus erat exacte parallelum horizonti, juxta dati styli altitudinem affixi, (p. 7). » Le sens est tout autre. Verbiest donne au gnomon la hauteur imposée en lui attachant au haut, « ad caput », une planche de bois bien horizontale. Les figures 1 et 3 du *Compendium observationum* (Liber observationum) ne laissent pas de doute à ce sujet. Cette interprétation est d'ailleurs la seule possible ; car, l'expérience se fait avec la même table à colonne d'airain, et la colonne y a deux hauteurs différentes.

(1) L'ouvrage eut plusieurs éditions. Je connais, dans les bibliothèques belges, celles de Venise, 1623 (Univ. de Louv.); Venise, 1638 (Bibl. Roy.); Padoue, 1648 (Univ. de Louv.); Lyon, 1659 (Univ. de Louv.) ; Lyon, 1677 (Univ. de Liége).

festement tous fourmillaient d'erreurs. Mais, pour le calendrier de 1669, l'« Adversaire », déprimé par son attaque d'apoplexie, avait recouru davantage à l'aide d'Uming Huen que pour les précédents. Assez mal au courant de l'astronomie arabe, le maure l'était encore beaucoup moins de l'astronomie chinoise. En s'efforçant de concilier les deux méthodes, il avait multiplié les maladresses.

Kang Hi demanda à Verbiest un rapport sur le sujet.

Celui-ci se contenta de relever cinq fautes très grossières, faciles à contrôler par l'observation. C'étaient : l'heure de l'entrée du Soleil dans le 15e degré du Verseau, moment où commencent tout à la fois le printemps et l'année chinoise ; l'heure de l'entrée du Soleil dans les Poissons, d'où s'inférait que, contrairement au calcul d'Uming Huen, l'année ne devait pas avoir de mois intercalaire ; enfin trois positions de planètes : une de Mars, une de Jupiter, une de la Lune.

Avec le plus d'éclat possible, Kang Hi rassembla le conseil des grands personnages de sa cour et leur exposa la situation. Malgré l'importance que la confection et la promulgation du calendrier ont toujours euc en Chine, jamais, dit Verbiest, affaire relative au calendrier ne s'était traitée avec pareille solennité.

Le conseil décida que la chose était de conséquence et devait être tranchée par l'observation.

Verbiest et Uming Huen eurent l'ordre de régler leurs instruments de contrôle d'après leurs calculs, plusieurs jours à l'avance. On leur enjoignit d'en immobiliser ensuite tous les organes par des bandes de papier collées, munies de leur sceau. Puis défense expresse leur fut faite d'encore y toucher. Une vingtaine de personnages reçurent la mission de suivre les expériences.

La première observation eut lieu le jour où le Soleil entrait dans le 15e degré du Verseau. Verbiest avait

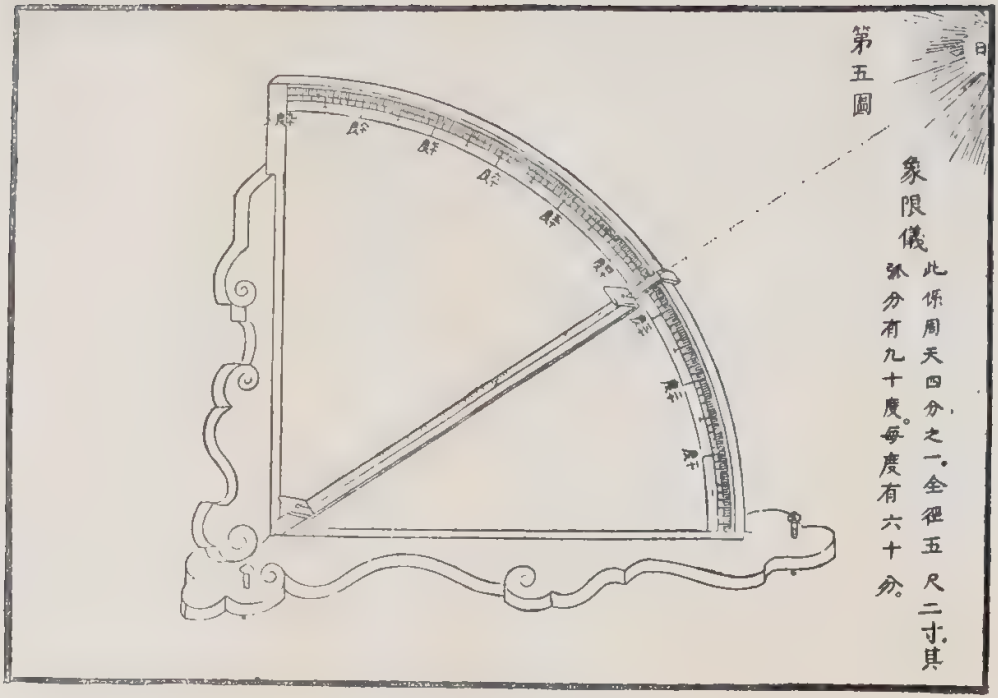


Fig. 4.
Compendium, Liber Observationum, figura 5ª.

Quadrant d'airain de 2 pieds, 6 pouces, dont le limbe était divisé, à l'européenne, en degrés et minutes
La perpendiculairie du plan de l'appareil s'obtenait par trois vis de réglage, dont deux sont visibles sur la figure.
L'appareil est réglé pour l'expérience du 17 février 1669.

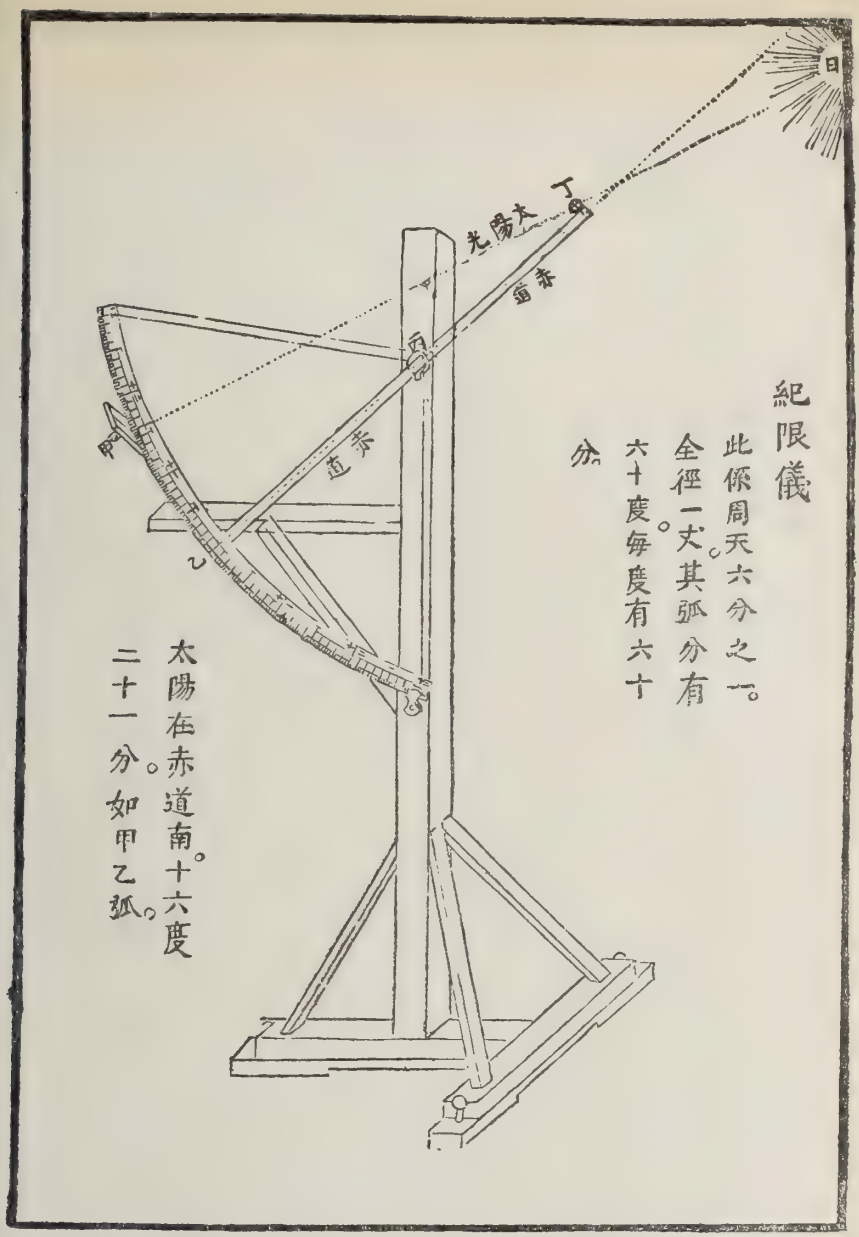


FIG. 5.

Compendium, Liber Observationum, figura 6ª.

Sextant de fer de 5 pieds de rayon, dont le limbe était gradué, à l'européenne, en degrés et minutes. Au centre de la circonférence de l'arc se trouve une pointe, dont l'ombre se projette sur la pinnule. Un érudit sinologue, le P. van Hée, S. J., lit les inscriptions comme suit :

En haut, à droite : C'est le sixième de la circonférence. Le diamètre est de 1 tchang (perche chinoise, dont la valeur varie et vaut à peu près $3^{m},58$). L'arc du sextant est divisé en 60 degrés. Chaque degré est divisé en 60 minutes.

En bas, à gauche : Le soleil est au sud de l'Équateur, à 16°21′, comme l'indique l'arc *ab* de la figure. (La lettre *a* est à côté de la pinnule, la lettre *b* à l'intersection du rayon central et du limbe).

SUR LA FIGURE. *En haut :* Rayon du soleil. *En bas :* Équateur.

L'appareil est réglé pour l'expérience du 17 février 1669.

placé dans le plan du méridien un grand quadrant d'airain muni d'une règle dioptre, et un sextant de six pieds de rayon armé d'une pinnule se mouvant le long du limbe. Le quadrant devait donner la hauteur du Soleil, le sextant sa déclinaison (1). Dix-huit jours avant l'expérience, il dirigea la règle dioptre et la pinnule vers le point du ciel que le Soleil occuperait le jour où il entrerait dans le 15e degré du Verseau. Conformément à l'ordre reçu, il scella les instruments de son cachet choisi à l'image de la Ste Vierge. Le 17 février, à midi, le rayon solaire traversa les orifices des extrémités du dioptre avec tant d'exactitude qu'on n'y remarqua pas le moindre écart. Même succès pour l'ombre projetée par la pointe cylindrique, dont était muni le centre de la circonférence du sextant, sur le degré du limbe marqué par la pinnule (FIG. 4 et 5).

Quinze jours plus tard, l'expérience était renouvelée avec le même bonheur, pour l'entrée du Soleil dans le signe du Poisson. Cette fois une foule anxieuse en attendait au dehors le résultat. Si Verbiest avait raison, l'année n'aurait pas de 13e mois intercalaire. On n'imagine pas le trouble que cette conséquence entraînait dans les affaires, notamment chez tous les marchands, qui avaient conclu des contrats à un an.

Les trois dernières expériences eurent lieu, cela va de soi, la nuit. Il gelait à pierre fendre et le sol était couvert de neige. Malgré la rigueur de la saison, un flot de peuple se porta vers l'observatoire. On se serait cru à l'assaut d'une citadelle. Verbiest réglait chaque fois d'avance, d'après l'ordre reçu, les cercles de ses sphères armillaires et les scellait de bandes de

(1) La réussite de cette dernière expérience était plus malaisée que celle de la seconde. Car la déclinaison étant la distance du Soleil à l'équateur, pour que le rayon solaire projetât sur le limbe le nombre de degrés calculés, le rayon central, axe de l'appareil, devait être placé exactement dans le plan de l'équateur (voir la fig. 5).

papier cachetées. Chaque fois aussi la réussite fut parfaite. L'opérateur n'était cependant pas toujours sans crainte. L'erreur de la position assignée par Uming Huen à la Lune, devait se prouver par la distance de l'astre à Arcturus. Or, Verbiest n'avait qu'une médiocre confiance dans les tables de Tycho Brahé, dont il se servait. « Grâce à Dieu, dit-il, l'écart entre le calcul et l'observation ne fut pas d'une minute, tandis que le maure se trompait *toto cœlo*. »

La commission fit rapport au roi. Kang Hi convoqua une seconde fois le conseil de tous les grands de l'État, pour lui communiquer le résultat des épreuves. Sentant qu'ils jouaient leur dernier reste d'autorité, les deux régents, contrairement à l'usage, prétendirent y assister. L'assemblée était fort divisée. Le parti chinois tenait, malgré tout, pour Yam Quam Siem et sa vieille astronomie nationale ; les tartares voulaient faire nommer Verbiest à la direction de l'observatoire.

Alors se passa une scène inattendue et assez curieuse, qui faisait sourire Delambre (1). De temps immémorial les chinois divisaient en 100 parties l'heure et le quart de cercle. Les instruments de l'observatoire construits par Schall et Verbiest étaient cependant gradués à l'européenne, en parties sexagésimales. Verbiest exigea absolument qu'on s'y tînt. C'est le seul moment de toute la controverse, où Yam Quam Siem eût pu tenir contre lui le bon bout. Le maladroit ne trouva pour la division centésimale que ce piteux argument hurlé d'un ton fatidique : « En divisant le jour en 96 quarts d'heure, à la mode européenne, vous prétendez le raccourcir ! »

« S'il en est ainsi, lui cria l'un des principaux tar-

(1) *Hist. de l'Ast. du M. Age*, p. 216.
J'ai donné une note sur le sujet dans les Ann. de la Soc. Scient. Brux. 1903, t. XXVII, pp. 122-125.

tares, au lieu de le diviser en cent quarts d'heure, à la mode chinoise, divisez-le en mille. »

C'en était trop. Kang Hi profita de l'ahurissement causé par cette réflexion saugrenue, pour mettre fin au débat. Il ordonna l'arrestation immédiate de Yam Quam Siem et nomma Verbiest à la direction de l'observatoire. Ceci se passait à la fin de février. « Je présentai jusqu'à quatre requêtes, dit Verbiest, pour obtenir l'autorisation de remplir la charge de directeur sans les honneurs du mandarinat qui y étaient attachés. » Rien n'y fit. Kang Hi répondit invariablement que c'était chose contraire à tous les usages. Il fallut s'incliner.

Ces discussions appelaient un épilogue.

A peine entré en charge, le nouveau directeur présenta un rapport à l'empereur sur la nécessité de supprimer le mois intercalaire, pour le reporter à l'année 1670. La demande était grosse de conséquences. Aucune solennité n'a en Chine l'éclat de celle de la promulgation du calendrier. Y changer ensuite quoi que ce soit était un crime, nous l'avons dit, passible de la peine de mort. Kang Hi semblait hésiter devant le scandale qu'il allait provoquer. En réalité, il ne demandait qu'à se laisser forcer la main ; du coup les deux anciens régents étaient perdus de considération. Il déféra la demande de Verbiest au tribunal des rites. Effrayé, celui-ci chercha par tous les moyens un biais pour maintenir le calendrier promulgué.

L'observatoire employait alors environ cent soixante fonctionnaires inférieurs formés à l'astronomie par les leçons de Verbiest. Les juges allaient de l'un à l'autre, les cajolaient, tâchaient de leur arracher quelque secret de l'astronomie européenne, qui leur permît d'infirmer les conclusions du père. Ils n'en obtinrent rien ; aucun d'eux n'osa, ni ne voulut, se compromettre.

A bout de ressources, le président chinois du tribunal

aborda mystérieusement Verbiest. « Il m'appela à part, dit-il, et me parlant tout bas, comme pour me communiquer un secret, me demanda d'examiner et de réexaminer encore s'il était impossible de pallier l'erreur. Avouer une faute aussi crasse que la nécessité de supprimer un mois entier dans le calendrier, quelle humiliation pour la Chine, aux yeux des nations étrangères, qui suivent et respectent le calendrier impérial ! »

Verbiest tint bon. « A dissimuler la vérité, répondit-il, je ne vois qu'un seul inconvénient ; c'est que le ciel et votre calendrier se contredisent. »

« Alors c'en est fait, reprit le mandarin, il faudra nécessairement supprimer ce mois. »

Le tribunal répondit dans ce sens. Kang Hi promulgua aussitôt, par édit, dans tout l'empire la suppression du mois intercalaire. Rien ne peut se comparer à l'effet produit. « C'est que la plupart des chinois ne comprenant rien à l'astronomie, dit Verbiest, se demandaient ce que ce mois était tout à coup devenu. » Cela leur donna de la science du missionnaire qui provoquait pareille mesure, l'idée la plus haute. La religion en profita.

IV

Nous reproduisons, ci-contre, une vue d'ensemble de l'observatoire de Péking (FIG. 6), d'après une gravure exécutée, en 1668 ou 1673 (1), sous le contrôle de Verbiest, à Péking même. Mieux que toute description, elle donne une idée de l'importance de cet établissement. Il possédait six grands instruments, six machines principales pour parler le langage des pères. En les énumé-

(1) On assigne ordinairement à cet ouvrage la date de 1668, à cause du titre. Pour des raisons, trop longues à être expliquées ici, je le crois terminé en 1673 seulement.

Escalier par où on montait à l'observatoire

Mat élevé portant une girouette

Bâtiment où les observateurs se retiraient en cas de mauvais temps

Quadrant de 6 pieds de rayon

Sextant de près de 8 pieds de rayon

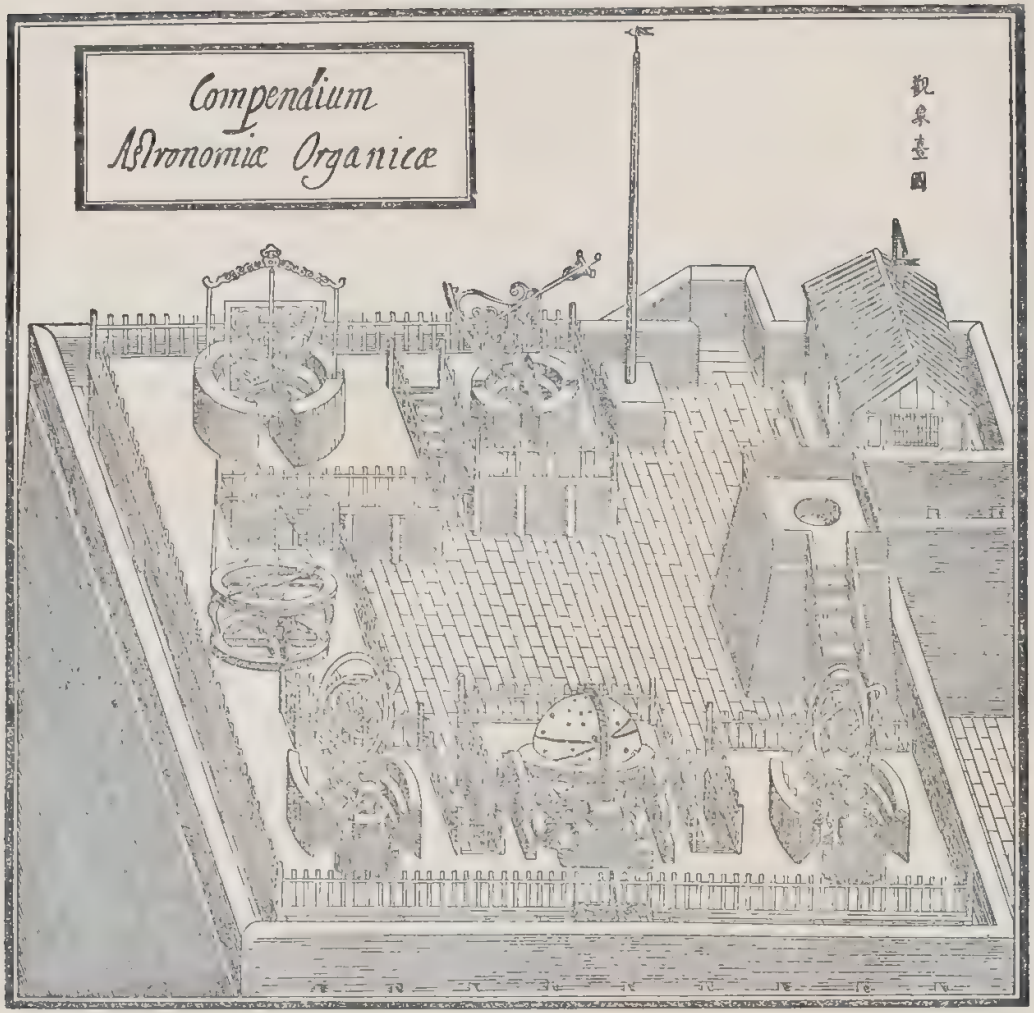


Fig. 6.
Compendium, Liber Organicus, figura 1a.
(Cliché des Missions Belges).

Horizon azimutal de 6 pieds de diamètre

Tour carrée où quatre observateurs se tenaient en permanence. L'excavation centrale était destinée à recevoir un brasier en hiver.

Sphère armillaire zodiacale de 6 pieds de diamètre

Globe céleste de 6 pieds de diamètre

Sphère armillaire équatoriale ou équinoxiale de 6 pieds de diamètre

Sauf l'horizon azimutal, tous les appareils sont entourés de marches d'escaliers destinés à rendre l'observation possible dans toutes les positions de l'instrument.

rant de gauche à droite, c'étaient au premier plan une sphère armillaire zodiacale, un globe céleste, une sphère armillaire équatoriale ou équinoxiale, tous trois de six pieds de diamètre. Puis au second plan, à gauche, un horizon azimutal de six pieds de diamètre ; à droite, une tour carrée où quatre observateurs se tenaient en permanence jour et nuit. Enfin au troisième plan, toujours de gauche à droite, un quadrant de six pieds, pivotant autour d'un axe vertical ; un sextant de près de huit pieds, dont le plan pouvait à l'aide de poulies, s'incliner dans toutes les positions ; un bâtiment, pour les observateurs. Tout à l'arrière, un mât élevé portant une girouette et plus à l'arrière encore l'escalier par où on montait à l'observatoire.

Verbiest dans son *Astronomia Europaea* (1) et le P. Lecomte dans ses *Nouveaux Mémoires* (2), nous ont laissé la description de ces instruments. Elle abonde en détails sur l'élégance des supports, la beauté des lions, dragons et autres animaux fabuleux qui les ornent. Au point de vue intéressant l'astronome moderne, elle nous apprend que tous les cercles étaient divisés, à l'européenne, en degrés et minutes ; celles-ci subdivisées, par des traits, sur certains cercles de 15 en 15 secondes, sur d'autres de 10 en 10.

Aucun instrument n'était armé de lunettes. Cet important perfectionnement ne fut apporté aux appareils de mesure des angles, que par l'abbé Picard (3), qui s'en servit la première fois en 1669 et 1670, pour sa détermination de l'arc de méridien compris entre

(1) Chapitre 12, pp. 47-57. Il y manque les planches et dans la vue générale de l'observatoire mise en tête du volume, les dimensions des appareils sont bien petites. Pour y suppléer il est indispensable de recourir à l'édition originale du *Compendium latinum*, voir fig. 7 et 8, ci-dessous.

(2) Je cite la troisième édition : Amsterdam, Desbordes et Schelte, 1698, pp. 91-99.

(3) *Ouvrages de mathématiques de M. Picard*. A Amsterdam, chez Pierre Mortier, 1736, pp. 1-59. (Opuscule I : De la mesure de la Terre).

les parallèles d'Amiens et de Malvoisine. Construits sur les principes de ceux de Tycho Brahé (1), les instruments de Verbiest se distinguaient par leurs formes encombrantes et leurs dimensions gigantesques. On en était encore là d'ailleurs partout en Europe.

Le premier devoir du directeur de l'observatoire était la préparation des calendriers. Nous connaissons déjà les deux calendriers astronomiques ; il y en avait un troisième météorologique. L'année chinoise se divisait en huit périodes de 45 jours. Il fallait pour chacune d'elles prévoir les phénomènes naturels qui s'y produiraient, température, pluies, orages, sécheresse, tempêtes, maladies, récoltes, etc. « On conçoit, dit Verbiest (2), avec quelle prudence il me fallait avancer. » Nous l'en croyons sans peine.

Le calcul des éclipses était aussi du ressort du directeur. Leur amplitude en doigts, devait se déterminer pour la capitale de chacune des provinces de l'empire. Il fallait ensuite, pour chacune d'elles, dessiner le schéma du phénomène. Ce dessin se publiait en petits albums de format in-4°, composés d'une longue bande de papier repliée plusieurs fois sur elle-même et imprimée d'un seul côté ; déployée, elle avait plusieurs mètres de long. C'est le dispositif bien connu, en usage de nos jours encore, dans certains dessins panoramiques.

La correspondance de Verbiest nous apprend quelle vie occupée il mena à cette époque. Voici, par exemple, ce que nous en disent trois lettres inédites. La première est à son vieil ami Couplet. Il y est question d'abord, de don Manuel de Saldagna, légat de Portugal, envoyé

(1) *Tychonis Brahe Astronomiae instauratae mechanica. Wandesburgi.* Anno CIƆ.IƆ.IIC. Réédité en 1602, à Nuremberg, chez Liévin Hulsius.

L'édition princeps est beaucoup plus soignée que celle d'Hulsius. L'Université de Liége en possède un exemplaire.

(2) *Astronomia Europaea*, p. 29

à Péking saluer le jeune empereur et y plaider les intérêts de Macao. La Chine, pour parler le langage d'aujourd'hui, avait des tarifs prohibitifs, qui ruinaient la ville portugaise. Don Manuel cherchait à négocier un traité de commerce ou du moins à en préparer les voies. Ne parlant pas le chinois, les pères lui servirent d'interprètes.

Ferdinand Verbiest, à Philippe Couplet (1).

De Péking, le 20 août 1670.

« Philippe ! Révérend père dans le Christ !

» Pax Christi !

» Je remercie encore et encore, Votre Révérence, pour la boîte de pharmacie qu'elle m'a envoyée de là bas, par M. le légat, ainsi que pour les autres petits objets, qui m'ont été apportés, soit au nom de tous, soit en celui de quelques-uns en particulier. Je ne puis répondre à chacun d'eux par autant de lettres personnelles ; je prie Votre Révérence de les remercier en mon nom, notamment, les PP. Jacques Le Faure, Torrente, Grelon, Gabiani, Rougemont, Christian Enriques. J'ai déjà envoyé les petits cadeaux destinés au peintre Jean, son ancien domestique, dans la province de Xansi, où ce dernier habite maintenant. Que Votre Révérence communique cette lettre à tous, je l'en prie ! Que chacun veuille la regarder comme lui étant adressée !

» Votre Révérence aura appris, je l'espère, par nos lettres au R. P. vice-provincial, avec quels honneurs et quelle sympathie M. le légat a été reçu ici.

» L'an dernier, j'espérais que mes occupations diminueraient tout doucement, comme croissent les mois. Mais, je suis toujours écrasé, à tel point que le P. supé-

(1) SJ. Autographe.

rieur doit me dispenser — et ce n'est pas en de rares circonstances — de la récitation du bréviaire !

» Il y a deux mois environ, le tribunal des travaux publics, nommé Cum Pu, me manda à la cour par ordre du roi, pour lui indiquer le moyen de transporter quelques énormes pierres tombales destinées au mausolée du roi, qu'une masse énorme d'hommes, ni même de chevaux, ne parvenait pas à mettre en branle. Le même jour, le roi en personne me fit appeler pour cette affaire avec les autres pères. Ces pierres tombales devaient traverser le célèbre pont nommé Lu Ken Kiao, dont Paul de Venise parle si longuement dans son Histoire de la Chine (1).

» Nous pouvons à bon droit nommer ce pont comme les *Gorges de la Chine entière*, car tout ce qui vient des provinces, dans cette capitale, doit le traverser. Il est à trois ou quatre heures de distance de la ville, vers les monts de l'occident. Lors de la grande inondation d'il y a deux ans, la violence des eaux renversa deux arches du pont, et le roi a déjà dépensé 90 000 taes à leur reconstruction. Le tribunal des travaux publics craignait d'autant plus le danger auquel ces énormes pierres exposaient un pont menaçant ruine en maint endroit, qu'elles étaient traînées par de nombreux chevaux, qui les tiraient par saccades, les déplaçant par multiples soubresauts et grincements de roues.

» Il en fit rapport par écrit au roi.

» Ces pierres tombales, au nombre de quatre, étaient destinées au mausolée du roi Xun Chi. Deux d'entre elles devaient recevoir l'inscription ou épitaphe funèbre. Elles pesaient chacune, char compris, 70 000 livres. Les deux autres devaient servir de pied, ou de soubas-

(1) *Recueil de Voyages et de Mémoires publiés par la Société de Géographie*, tome I. Paris, Everat, 1824. Peregrinatio Marci Pauli, lib. II, cap. 18, pp. 390-391.

sement en forme de voûte aux pierres titulaires. Elles pesaient chacune, char compris, 120 000 livres.

« Ces soubassements étaient sur des poutres, formant un chariot énorme, porté par 16 roues et attelé de plus de 300 chevaux.

» Le tribunal des travaux publics, et le roi lui-même, craignaient fort que le pont ne cédât sous le poids. Cet accident, qui eût comme coupé toutes les communications, eût réduit la cour à une grave extrémité !

» Après bien des délibérations, on se trouva partagé entre deux avis. Les uns voulaient faire passer les chariots par le pont, mais en étançonnant préalablement les arches avec de nombreuses et fortes poutres, qui les soutiendraient comme des colonnes. Une somme d'environ 10 000 taes à emprunter au trésor, était prévue pour ce travail qui devait s'exécuter au milieu des remous violents des eaux. C'était là l'avis à peu près unanime.

» D'autres moins nombreux opinaient, non pas pour le pont, mais pour le lit du fleuve ; ou plus exactement, pour quelque route à se frayer à l'aide de machines à travers les sables du torrent. Le roi, très soucieux pour son pont, y était à peu près complètement acquis.

» Le roi m'envoya donc trois ou quatre fois à ce pont avec le P. Gabriel Magalhaens et les principaux membres du tribunal Cum Pu, nous donnant mission d'explorer toute la rive, ainsi que le fond même du lit du fleuve ou torrent ; et cela à droite et à gauche du pont, dans le but de trouver quelque route plus commode pour nos machines. Nous nous rendîmes au pont ; puis jusqu'à une montagne pierreuse distante de trois jours de marche. Partout nous fûmes traités avec les plus grands honneurs, tant par les mandarins du Cum Pu que par les autres, à cause de notre titre de Kim Chay, c'est-à-dire, hommes délégués par le roi en personne.

« L'exploration des deux rives du fleuve ; l'irrégula-

rité surtout du débit de ses ondes se tuméfiant, soudain et beaucoup, après les averses qui tombent des deux côtés pendant son long parcours à travers les montagnes, précipitent le courant et rendent partout la vraie place des gués fort incertaine au milieu de la violence des remous ; l'examen de chacune des arches du pont ; la prise en considération enfin de la solidité naturelle des constructions en voûtes, nous firent décider à l'unanimité, de ne pas essayer le passage par le lit d'un torrent impétueux, à fond de sable mobile, détestable pour y fixer nos machines, mais de le tenter à tout prix par le pont. Nous jugeâmes même inutile de soutenir le pont par une immense charpente en bois ; mais il nous parut indispensable de lui éviter les secousses, violentes et répétées, imprimées au chariot par la traction de ce grand nombre de chevaux et de mulets. Nous ferions donc un usage exclusif de moufles et de cabestans, qui donneraient au chariot un mouvement lent, doux et régulier ; le tireraient avec sa charge par le pont, sans grincements, ni secousses ; tel un navire voguant au milieu d'eaux tranquilles.

» Nous prouvâmes notre avis par de si bonnes raisons, que le Cum Pu, et le roi lui-même, s'y rendirent aisément.

» A peu de frais pour le trésor royal, nous fîmes faire, dans notre résidence, douze cabestans. Le Cum Pu avait des moufles en nombre suffisant. C'étaient celles qu'avait construites jadis le P. Adam Schall, pour soulever une cloche et la hisser dans une tour, comme je vous l'ai raconté ailleurs.

» On était arrivé au jour de l'exécution. La gravité des circonstances et l'importance de l'entreprise décidèrent le roi à envoyer, près du pont, les deux premiers présidents du tribunal Cum Pu, je veux dire, le tartare et le chinois. Ils devaient, par leur présence, activer le travail et rendre les ouvriers attentifs et prudents.

» Le pont, de l'ouest à l'est, mesure 65 pieds de long. Il est porté par 11 arches élevées, dont les piliers défendus par des poutres de fer défient par leur hauteur la fureur des flots. En largeur le pont n'a pas plus de 25 pieds.

» A force de chevaux, Nous amenâmes le chariot jusqu'au seuil occidental du pont. Nous déposâmes ensuite suivant la longueur et de part et d'autre du pont, deux gros câbles aussi forts que les cordages de navires les plus épais ; c'étaient, dis-je, ceux-là même auxquels les 300 chevaux avaient été attelés. Nous attachâmes leur bout occidental au chariot lui-même, leur bout oriental à une poutre transversale ; tel un joug relié au chariot par deux cordes ou câbles. Nous liâmes à ce joug six paires de cabestans, dont les cordes déroulées mesuraient 170 pieds de long. Nous plaçâmes aussi au seuil oriental du pont, six cabestans solidement fixés au sol, sur lesquels passaient les cordes. A chaque cabestan nous mîmes 8 hommes. Les câbles, bout à bout, avaient, pour tirer le chariot, environ 840 pieds de long. Trois poulies par chape de moufle nous parurent suffire. Cinq poulies eussent facilité le mouvement, mais l'eussent trop ralenti. Trois poulies et les leviers du cabestan nous fournissaient amplement, d'après notre calcul, la force nécessaire au poids à mouvoir.

» Le signal de la mise en marche se donna sous le patronage de St Grégoire le Thaumaturge, de Sainte Symphorosie, martyre, et de ses sept fils, écartelés par des moufles.

» Huit porte-étendards du roi avaient des deux côtés pris place le long du pont. Des musiciens, en nombre égal, battaient à la chinoise un air de fête sur des cymbales d'airain.

» Les quarante-huit hommes des cabestans assurèrent d'abord la tension uniforme des câbles. Celle-ci

bientôt obtenue, l'immense pierre s'ébranla doucement sur son chariot à 16 roues et s'avança comme à la promenade.

» Quand les hauts présidents du Cum Pu remarquèrent les premiers mouvements des roues, leur visage s'illumina et une joie mêlée d'admiration s'y peignit ; car jusque là ils étaient demeurés dans l'anxiété, craignant que malgré toutes les machines, 48 hommes ne produiraient jamais une force égale à celle de 300 chevaux. La foule du peuple qui nous entourait poussait des cris de joie et d'allégresse. Cependant le chariot continuait à avancer d'un mouvement doux et régulier, sans bruit, sans secousses, aussi calmement qu'un grand vaisseau naviguant sur un fleuve tranquille,

» Assurément les spectateurs qui virent tant d'étendards royaux flotter le long du pont et au sommet du char ; qui entendirent les joyeux accords des cymbales se répéter perpétuellement en long et en large sur la rive du fleuve ; qui admirèrent la régularité du mouvement des ouvriers tournant autour de leurs cabestans ; ceux, dis-je, qui virent cela, se figurèrent beaucoup moins assister à la traction d'un chariot gémissant sous le poids d'une lourde charge, qu'à une espèce de triomphe.

» En un jour, deux chariots passèrent aisément le pont, sans accidents, ni à coups. Quand le premier fut de l'autre côté, les présidents du Cum Pu et les autres mandarins sautèrent à cheval et coururent avec nous en apporter la nouvelle au roi. Il faisait chaud, et le roi s'était ces jours-là retiré, près de la ville, à la campagne. Au moment où nous y arrivâmes, il sortait du palais armé de ses flèches, montait à cheval et partait pour la chasse. Il se réjouit fort en apprenant la nouvelle, nous dit de rester ce jour-là à la campagne et d'y attendre son retour de la chasse. Le soleil couché,

il rentra, après avoir tué deux daims ; nous donna l'un des deux à nous trois et l'autre aux premiers présidents du tribunal Cum Pu. Nous regagnâmes la résidence vers le milieu de la nuit, heureux du don que nous avions reçu, mais plus heureux encore de l'intention et de la bienveillance du donateur.

» Au surplus l'emploi de nos moufles reçut l'approbation universelle. Il semble même à peu près décidé en principe, qu'on se servira de nos moufles et de la manœuvre européenne, chaque fois que des poids considérables devront passer par le pont. En novembre et en décembre prochains, quatre colonnes de pierre, destinées au mausolée du roi, devront traverser le pont. Il est dès maintenant décidé qu'on emploiera nos moufles.

» Voilà les nouvelles que je suis à même d'envoyer à votre Mercure ou Gazettes d'Europe, que vous m'avez si libéralement communiquées. Votre Révérence en apprendra d'autres, par d'autres pères. Je me recommande encore et encore à ses saints sacrifices.

» De Péking, le 20 août 1670.

» De Votre Révérence, le serviteur dans le Christ.

« Ferdinand Verbiest. »

Dans le post-scriptum, Verbiest revient au légat du Portugal. En voici un extrait. Don Saldagna n'avait pas obtenu pour Macao les facilités qu'il avait peut-être escomptées. Kang Hi restait sourd à ses insinuations et Verbiest trouvait le moment inopportun pour insister.

« Le 19 août, le roi nous appela au palais. Sous prétexte d'indisposition, le P. Supérieur resta à la maison; mais le prétexte était fondé, car il était vraiment malade. Je m'y rendis avec le P. Louis Buglio.

» M. le légat faisait ses préparatifs de départ. Le roi s'informa s'il pourrait arriver à Canton ou à Macao

à temps, pour s'embarquer encore la même année vers l'Europe, et profiter des vents favorables de décembre et de janvier. Car, quelques jours auparavant, le roi avait voulu le retenir ici à cause de sa mauvaise santé ; mais le légat avait hâte de partir, et nous avions dit au roi, qu'il fallait lui permettre de profiter des vents favorables, qui ne soufflent qu'une fois l'an, vers janvier.

» La conversation tomba sur Macao. Je dis au roi, que les habitants étaient entrés en possession de cette ville, 150 ans environ auparavant, du temps de Mim Tao, en récompense de leurs grands services dans la délivrance de Quantum infestée par les pirates. Nous insinuâmes, qu'on devrait ouvrir plus souvent la porte dite, par les habitants, *porta de cerca*, porte de l'enceinte. Je ne sais si le roi comprenait. Il faudra attendre une autre occasion pour en parler (1). »

Kang Hi comprenait fort bien. Ouvrir la *porta de cerca* c'était, pour les portugais de Macao, leur permettre de faire le commerce avec la Chine. Il n'en voulait pas. Je reviendrai tantôt sur ce sujet.

Dans la lettre suivante, nous trouvons la description de quelques-uns de ces jouets ingénieux, instruments d'horlogerie, appareils de physique amusante, moitié enfantins, moitié sérieux, qui valurent toujours tant de succès aux missionnaires à la cour de Péking.

(1) Adresse :

Ao Padre Philippo Couplet da Comp^{a}. de Jesu.

Elle est biffée et remplacée par celle-ci, d'une autre main :

R^{do} Patri Prospero Intorcetta
Procuratori electo V. Prov^{ae}.
Sinensis Soc^{tis}. Jesu.
In absencia R^{do}. P. Aegidio de Gottignies
ejusd. Soc(ieta)tis
Romam.

Cette substitution s'explique. La lettre de Verbiest était destinée par l'auteur à être imprimée dans les GAZETTES D'EUROPE. Sans se donner la peine de la transcrire, Couplet l'aura envoyée à Intorcetta alors en Europe pour qu'il s'en charge.

Ferdinand Verbiest à François Rougemont (1).

De Péking, le 20 août 1670.

« Révérend Père, dans le Christ.
» Pax Christi.

» Je prie ardemment le Dieu très bon de récompenser Vos Révérences pour les bienfaits et les dons, qu'elles ont envoyés de là-bas, par le légat. Je n'ai rien ici à leur rendre en échange, si ce n'est ces quelques petits objets offerts par moi jadis au roi, que j'offre maintenant aussi à Votre Révérence ; vraies futilités enveloppées dans ce petit papier ; des choses quelconques enfin. Qu'elle veuille ne pas regarder leur valeur, mais l'intention du donateur. Qu'elle partage, je l'en prie, entre vous ces petits riens, surtout avec le P. Christian Enriquez (2). Qu'il les considère comme lui étant personnellement envoyés. Si la bonté de Votre Révérence me détermine à lui écrire, plutôt qu'aux autres, c'est à cause de ma mauvaise écriture, qui tourne en beaucoup d'endroits à peu près à l'énigme. Elle saura bien la déchiffrer et me comprendre.

» J'ai écrit au P. Philippe Couplet, en quelles circonstances nous avons offert au roi nos poulies et nos cabestans et avec quel succès. Le roi eut, je crois, l'idée d'employer nos engins, quand cette affaire fut discutée au tribunal des mathématiques. Des domestiques du roi, envoyés à notre résidence, avaient vu de leurs yeux, comme nous avions facilement soulevé des pierres dans notre jardin à l'aide de poulies. Le roi avait sous la main cette combinaison de moufles qui rend un homme capable de tirer et de soulever, avec une seule corde, les plus grands poids. Nous lui avions fait cadeau de cet appareil, avec d'autres petits pré-

(1) SJ. Autographe.
(2) Le P. Christian Herdtrich.

sents, dès qu'il nous connut. J'en ai écrit longuement, si je ne me trompe, les années précédentes.

» Vers la même date, je lui offris un thermomètre en verre chinois, dit Lieu Li. Une double graduation permet de lire aisément, sur les côtés, les moindres variations de chaleur et de froid.

» Parmi les objets d'horlogerie, que j'ai offerts au roi, deux surtout ont paru lui plaire. Le premier est une lentille en verre, montée sur une tige et cachée par des nuages. Elle projette l'image du soleil sur un globe blanc où, pendant toute l'année, cette image parcourt, du levant au couchant, les divers signes du zodiaque qui y sont dessinés, comme le soleil les parcourt en réalité, au même moment, dans le ciel. L'autre est un vase d'eau réfractant des lignes, je veux dire, les signes du zodiaque et les lignes horaires, dessinées sur un vase concave, où elles s'infléchissent de manière à figurer un poisson qui nage. Un style se dresse droit au milieu du vase. Quand le vase est exposé plein d'eau au soleil, l'ombre du style réfractée indique exactement l'heure et le signe du zodiaque correspondant à l'état du ciel, tandis que le poisson vu de côté paraît nager à la surface de l'eau. Quand le vase est vide, ni l'heure ni le signe du zodiaque ne répondent plus au soleil. L'ombre du style, qui indique le tropique du cancer lorsque le vase est plein d'eau, indique le tropique opposé du capricorne lorsqu'il est vide.

» Voici maintenant des illusions d'optique. Outre ces trois tableaux représentant des maisons chinoises, des maisons européennes et un jardin à l'européenne, que l'on croyait apercevoir simultanément d'un même point de l'horizon, dans un très grand lointain (œuvres peintes par le P. Louis Bulio, sur les plans du P. Jean Grueber, qui les fit très soigneusement dessiner, à Tum Tam, par la main de notre peintre Jean, jadis domestique du P. Christian Enriquez) ; outre cela, dis-je, j'ai

offert récemment au roi une image qui doit être regardée par un verre prismatique enchâssé dans un tube étroit. Vue à l'œil nu, c'est-à-dire, sans tube ni prisme, vous y apercevez des chevaux, des oiseaux, des arbres, des monts, des vallées et d'autres choses analogues, sans que l'ensemble de la peinture ait la moindre apparence d'une figure humaine. Regardée au contraire par le tube et le prisme, il n'y paraît plus qu'une tête humaine et le buste d'un tartare, figuré jusqu'à la ceinture, avec habit de dessus et chapeau d'été. Tous s'amusent en voyant cette image. J'en ai encore quelques autres sous la main, qui vues tout droit, ou comme on dit de face, ne représentent que des objets confus ; mais, si d'un point donné, vous les regardez de côté, elles font voir des objets bien déterminés.

» En fait d'appareils hydrauliques, un eunuque de la cour me fit apprêter, pour l'offrir au bon moment au roi, le réservoir en forme de clepsydre, projetant de l'eau, que les pères firent construire autrefois à Tum Tam. Il y a peu de jours, c'était après l'arrivée de M. le légat, le roi nous manda dans les jardins de l'intérieur du palais et nous pria de lui indiquer un moyen commode pour extraire l'eau d'un puits. Nous lui dessinâmes une pompe, que nous fîmes exécuter en peu de jours, à notre résidence, par les ouvriers du roi. Elle était formée de tuyaux d'étain reliés par des joints de fer. Le puits avait 25 pieds de profondeur. Nous y plaçâmes avec succès une pompe, qui donnait un jet d'eau continu, sans interruption ni saccades d'aucune sorte. Le roi, fort satisfait, nous félicita pour notre idée. Il nous commanda alors d'imaginer autre chose : le moyen d'élever de l'eau au sommet d'une colline, ou rocher artificiel, de son jardin. Il s'agit donc d'élever cette eau à 10 pieds de hauteur. Le système, dit des pompes doubles sera pour cela, à mon avis, le meilleur. Les pompes foulantes sont, il est vrai, assez sûres ;

mais elles demandent beaucoup de force, surtout quand l'eau doit être poussée à plus de 30 pieds de haut. Je ne veux cependant pas chanter victoire avant d'avoir réussi, et nous n'avons pas encore mis la main à l'œuvre.

» Rentrés des jardins royaux à notre résidence, deux petits rois nous envoyèrent, le même jour, quelques-uns de leurs fonctionnaires, personnages de la noblesse. L'un est frère du roi et porte couramment le nom de *grand* petit roi. Il nous demanda de lui envoyer quelque objet, dit curiosité d'Europe. Nous lui donnâmes, le soir même, satisfaction, autant que nous le pûmes ; c'est-à-dire que nous allâmes le trouver le même soir, le P. Bulio et moi ; car le P. Gabriel Magalhianes (1) malade, gardait ces jours-ci le lit à la maison. Il nous reçut avec bienveillance et familiarité. C'était le soir, ai-je dit. Mais, en route depuis le midi, nous nous étions rendus par un chemin assez long à une campagne de l'autre petit roi, proche de la ville. Ce petit roi est de la première classe. Son nom s'écrit le premier, quand les petits rois adressent au souverain un rapport, en leur nom collectif, dans leurs réunions publiques. Ce petit roi nous demanda quelque machine curieuse, pour élever les eaux courantes d'un ruisseau de cette campagne proche de la ville.

» Voilà une espèce de digression. Je l'ai faite pour montrer à Votre Révérence comme nous sommes écrasés par le nombre des travaux. Je lui demande une chose, c'est de me recommander toujours, toujours et sans cesse, au Dieu très clément.

» De Péking, le 20 août 1670.

» De Votre Révérence le serviteur dans le Christ.

» Ferdinand Verbiest.

(1) Magalhaens.

» Le 14 août le roi nous fit réappeler au palais, ou plutôt au lac de la ville. Le P. Buglio m'accompagna, car le P. Magalhães était malade. Le roi causa très familièrement et nous posa diverses questions sur nos affaires d'Europe. Rentrés à la résidence, il nous envoya de son lac de la ville un eunuque avec cinquante pieds de cette fleur aquatique, assez semblable à nos nénuphars, nommée en portugais Fula de Gulphao.

» Lors de ma précédente lettre, j'ai envoyé au P. Macret deux dessins des dernières éclipses, l'une de Soleil, l'autre de Lune. Je n'en ai pas encore reçu de réponse. Je profite donc de l'occasion actuelle pour les envoyer de nouveau (1). »

A quelle éclipse de Lune Verbiest fait-il allusion? Je l'ignore, mais l'éclipse de Soleil est évidemment celle du 29 avril 1669 (2). Le dessin donne l'amplitude de l'éclipse, pour les capitales de chacune des provinces de l'empire, avec légendes en deux langues : chinois et tartare. A part le titre, aucune indication n'est en écriture européenne. L'Observatoire de Paris possède une traduction latine manuscrite des légendes (3). Il m'a paru intéressant de traduire à mon tour celle-ci en français et de la publier en appendice. J'y joins une traduction analogue pour l'éclipse du 25 mars 1671 (4),

(1) Adresse :

Ao P. Francisco Rogimont
da Comp^a. de Jesu.

(2) *Typus eclipsis solis anno Christi 1669. Imperatoris Cam Hy octavo, die primo lunae 4e. id est, die 29mo Aprilis, ad Meridianum Pekinensem ; necnon imago adumbrata diversorum digitorum in singulis imperii Provinciis obscuratorum*, auctore P. Ferdinando Verbiest, Soc. Jesu in Regia Pekinensi Astronomiae praefecto.

B. R. coté II 19949 et II 19950. — Bibl. de la ville d'Anvers, N. 4978.

Autographie chinoise, de la main de Verbiest, imprimée par le procédé xylographique.

(3) Port. B 5, 2, p. 673.

Je remercie vivement M. Collard, bibliothécaire de l'observatoire d'Uccle, qui m'a obtenu la transcription de cette traduction, ainsi que celle de l'éclipse de lune du 25 mars 1671.

(4) *Typus, eclipsis lunae. Anno Christi 1671. Imperatoris Cam Hy deci-*

faite, comme la précédente, sur un texte manuscrit latin de l'Observatoire de Paris (1).

Dans une lettre à Jacques Le Faure, son ancien provincial, Verbiest fait connaître ses travaux à l'observatoire. Après lui avoir donné quelques nouvelles relatives à la visite de don Manuel de Saldagna, il lui parle des épures de ses appareils en construction ; épures réunies aujourd'hui en recueil, dont les bibliothèques belges possèdent encore quelques exemplaires (2). Notre vue générale de l'observatoire est tirée de l'un d'eux. En réalité, observe Verbiest, le dessin et les instruments eux-mêmes ne se correspondent pas exactement. Peut-être est-il bon de ne pas perdre de vue cette remarque.

Ferdinand Verbiest, à Jacques Le Faure (3).

De Péking, le 20 août 1670.

« Révérend Père dans le Christ.

» Pax Christi.

» Je remercie de toutes les manières possibles Votre Révérence, pour les cadeaux qu'elle nous a envoyés par M. le légat. Que Dieu les lui rende et au-delà !

» Votre Révérence aura appris, je l'espère, par les lettres des autres pères, la courtoisie et la pompe, avec lesquelles le légat a été reçu ici. Nous sommes, nous

mo. die XV° lunae, 11^ar. id est. die XXV^to Martii ; ad Meridianum Pekinensem ; necnon imago adumbrata diversorum digitorum in horizonte observatorum. in singulis Imperii Sinensis provinciis, tempore quo luna in singulis oritur, auctore P. Ferdinando Verbiest Societ^is Jesu, in regia Pekinensi, Astronomiae praefecto.

Univ. de Gand. Res. 1400.

Autographie chinoise de la main de Verbiest, imprimée par le procédé xylographique.

(1) Portefeuille B, 5, 2, p. 675.

(2) Je fais allusion au *Liber Organicus Astronomiae Europeae*, qui forme la première partie du *Compendium latinum*.

(3) SJ. Autographe.

aussi, comblés par les prévenances du roi. Il nous envoie souvent des personnes de son entourage et nous mande même chez lui, à la cour.

» Peu après l'arrivée de M. le légat, il nous envoya trois grands poissons par son eunuque ; marque d'attention très rare, que beaucoup de petits rois, ses parents, n'ont jamais obtenue. Grâce à la divine Providence, cette faveur, nous l'espérons, ira croissant, et mettra enfin le comble à notre joie et à celle de Votre Révérence !

» Mais, il faut encore patienter, attendre le bon moment, se frayer petit à petit la voie qui mènera à ce terme si difficile et si important. Tant que le légat est ici, il nous paraît préférable de ne rien faire, pour cela. La prudence de Votre Révérence, lui en découvre suffisamment les raisons.

» J'envoie à Votre Révérence les épures, ou mieux le croquis, des instruments astronomiques que le tribunal Cum Pu fait construire en excellent airain, d'après mes plans. Ils sont destinés à l'observatoire des mathématiques, où nous enlèverons les anciens instruments. J'ai dit les croquis, car le dessin ne répond pas exactement aux instruments, qui sont déjà à moitié achevés et le seront complètement, avec l'aide de Dieu, cette année.

» Les cercles complets ont environ 6 *che* ou coudées chinoises de diamètre ; 2 *cuy* et demi de large (pour employer les mesures chinoises, qui nous sont devenues pour le moment plus familières) ; 1 *cuy* et 2 ou 3 *fuen* d'épaisseur. Les quadrants et sextants ont un rayon de 6 *che* chinois. Tous ces instruments ont leurs degrés divisés en 60 minutes, par des traits ou points transversaux, d'un si grand usage chez Tycho ; les minutes elles-mêmes se subdiviseront assez nettement en intervalles de 15 secondes, du moins sur les plus grands instruments.

» J'ai fait construire d'abord, en vraie grandeur, les modèles en bois de chacun de ces instruments. Ils ont été de la plus grande utilité et le seront encore plus tard, la sphère céleste surtout, à laquelle j'ai déjà dépensé environ 50 000 pièces d'argent chinois, ou *taes*, prises toutes au trésor royal.

» Dans la confection du support ou pied, j'ai cherché avant tout à obtenir une ferme et bonne adhésion au sol, de manière à supprimer toute trépidation des instruments. J'ai évité ensuite les masses et les saillies pouvant gêner l'œil de l'observateur, l'empêcher d'approcher, entraver en quelque manière le libre champ visuel vers l'un ou l'autre point du ciel. Enfin il m'a semblé nécessaire d'avoir égard à l'ornementation et à l'élégance. Le dragon, par sa forme, m'a paru le mieux répondre à ce but. Ces instruments sont des instruments royaux et en portent le nom ; il est donc convenable de les munir du principal emblème de ce royaume. Ajoutez surtout ici l'exemple des anciens artistes et l'esprit si conservateur des chinois, toujours épris de leurs vieilles traditions. D'ailleurs les autres animaux, tels le lion, l'éléphant, etc., par la forme encombrante de leur corps empêchent l'astronome d'approcher à l'aise des instruments. Ils n'ont pas la flexibilité, ni pour ainsi parler la poésie du corps du dragon, qu'on peut allonger et modifier à volonté (FIG. 7).

» Les pieds de tous les instruments sont munis de vis, pour les régler avec facilité suivant la verticale, par haussement et abaissement.

» Afin de pouvoir élever aisément le globe stellaire à la hauteur du pôle des divers royaumes et des provinces chinoises, j'ai fait entailler, en forme de crémaillère à multiples dents, la partie inférieure du méridien qui passe par le pôle austral et le nord de l'horizon, c'est-à-dire, celui qui est égal au complément

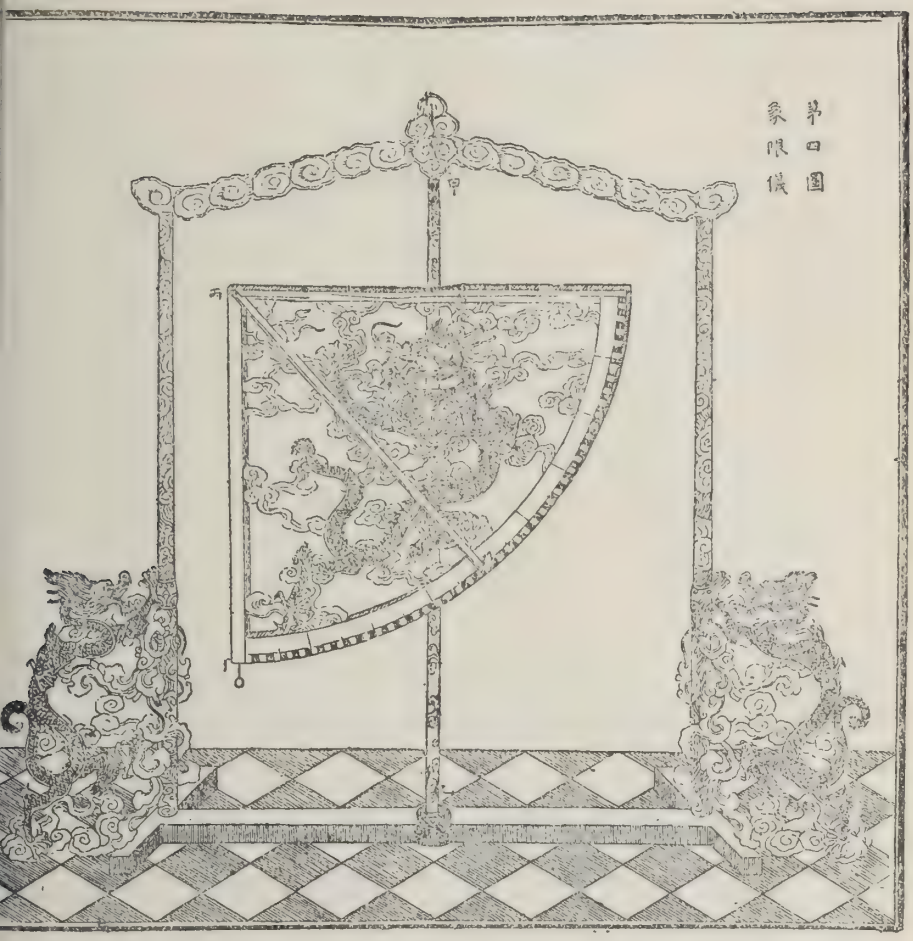


FIG. 7.

Compendium, Liber Organicus, figura 5ª.

Grand quadrant en bronze de 6 pieds de rayon, mobile autour d'un axe vertical. Le limbe était gradué, à l'européenne, en degrés et minutes, puis de 10 en 10 secondes. Un dragon replié et entouré de nuages allait saisir en de nombreux points les bords de l'instrument, pour en maintenir toutes les parties dans le même plan. Un poids d'une livre, suspendu à un long fil de cuivre donnait la verticale. Un tube mettait ce fil à l'abri du vent, et assurait son immobilité.

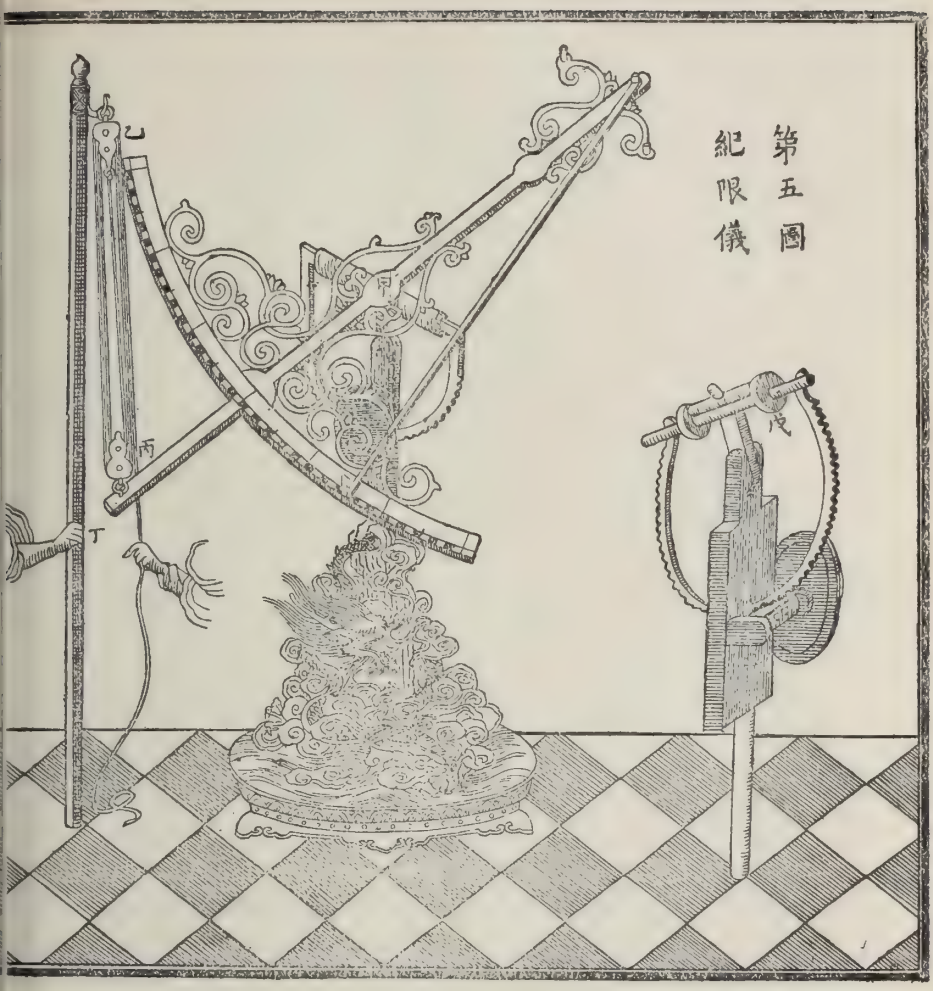


FIG. 8.
Compendium, Liber organicus, figura 6a.
(Cliché des MISSIONS BELGES).

Sextant en bronze de plus de 6 pieds de rayon, pouvant prendre toutes les positions ; mobile autour d'un pivot vertical et d'un axe qui s'inclinait lui-même plus ou moins sur le pivot, comme le montre la figure. Divers systèmes de moufles et de poulies mouvaient, et équilibraient au besoin, l'appareil.

du pôle. En y adaptant une roue dentée, plus ou moins grande, comme cela se fait dans le cric, le mouvement s'obtiendra sans efforts. Je tâche d'expliquer tant bien que mal ce dispositif, dans un petit dessin séparé (1).

» Ce globe pèse, avec son méridien, plus de 4000 livres. Sa grandeur et son poids surpassent ceux de tous les globes stellaires construits antérieurement, par les chinois. Réglés immuablement à la hauteur du pôle d'une seule province, ils méritaient plus le nom de globes célestes, que celui de stellaires ; car la plupart n'avaient ni astres ni étoiles, mais rien qu'un équateur assez grossièrement gradué en degrés, par des traits mal gravés. On les exposait, dans les observatoires, plutôt par vain étalage, que pour un usage astronomique.

» Le sextant doit être mobile et pouvoir se fixer aisément dans toutes les directions du ciel. J'ai adapté dans ce but une deuxième machine à son support. Votre Révérence la comprendra mieux par un croquis, même sommaire, que par de longues explications (2) (FIG. 8).

» J'ai fait construire les axes de rotation des cercles et leurs coussinets, en acier de premier choix. Tout autre métal s'userait par la continuité et la durée du mouvement. Les orifices prendraient du jeu et l'orientation des instruments sur le ciel se dérangerait.

» En me donnant la construction de ces instruments, on m'a imposé, je le sais, une charge bien lourde ; principalement chez un peuple qui y attache une importance, à tel point exagérée, qu'il semble en faire dépendre toute la prospérité de son époque et de l'empire.

» Mais, en outre, l'entreprise est difficile, par elle-

(1) Je n'ai pas retrouvé ce dessin.

(2) L'autographe a ici une déchirure qui m'oblige à supprimer une demi-ligne.

même ; car bien graduer ces cercles immenses et d'un poids énorme ; les rendre parfaitement concentriques ; les mettre sur leurs supports, puis les fixer sur place à l'observatoire astronomique, si solidement et si stablement qu'ils n'éprouvent plus la moindre trépidation ; les régler sur les cercles célestes, de manière à ne pas errer d'une minute ou deux ; tout homme, n'ayant même fait qu'essayer de mettre en passant la main à l'œuvre, comprendra sans peine comme c'est ardu et délicat. Qu'il vienne à se commettre quelque erreur, — et Argus aux cents yeux les éviterait à peine — aussitôt ces astronomes mathématiciens, qui travaillent nuit et jour à l'observatoire, pour rechercher, quotidiennement toute l'année, avec ces instruments, les planètes aux points du ciel calculés d'avance ; ces mathématiciens, dis-je, n'en accuseront pas les défectuosités de nos instruments, ce qu'ils pourraient difficilement prouver ; mais ils calomnieront bien plutôt nos calculs et l'astronomie européenne, en lui reprochant d'être en désaccord avec le ciel ! Je le repète, on m'a imposé là, je le sais, une charge bien lourde ! Voilà pourquoi je prie Votre Révérence de me recommander instamment à mes patrons ! Saint Grégoire le Thaumaturge ! Les trois rois astronomes qui, guidés par une étoile, finirent par reconnaître le maître des étoiles ! Tous les saints astronomes enfin, principalement ceux de notre compagnie !

» De Péking, le 20 août 1670
» De Votre Révérence,
le serviteur dans le Christ
» Ferdinand Verbiest » (1).

La construction de ces instruments dura quatre ans et ne fut terminée qu'en 1673. Leur choix était fort

(1) Adresse :
Ao P. Diego Le Faure
da Compª de Jesu.

bien compris pour l'époque. Résumons-les. Ils étaient au nombre de six : un cercle horizontal, pour les azimuts ; un cadran mobile autour d'un axe vertical, pour les angles de hauteur ; une sphère armillaire zodiacale, pour suivre le mouvement des planètes ; une sphère armillaire équatoriale destinée à un usage très particulier : la détermination de l'instant précis des équinoxes et du commencement de l'année chinoise ; une sphère stellaire, dont l'utilité se comprend sans explication ; enfin, un sextant mobile, dont le plan mû par un double système de poulies pouvait s'incliner dans toutes les directions. Il était destiné à la mesure directe de la distance angulaire de deux astres quelconques. On s'en servait peu, ce qui se comprend. Malgré tous les systèmes de poulies et de contrepoids dont il était muni, l'appareil se maniait difficilement. Plutôt que d'y recourir, les observateurs préféraient mesurer des angles azimutaux et de hauteur ou zénitaux. Ils obtenaient ensuite la distance cherchée par un calcul trigonométrique.

(A suivre) H. Bosmans, S. J.

VARIÉTÉS

I

UNE TOURBIÈRE DE PLANTES MARINES EN SARDAIGNE

Les magnifiques flores qui accompagnent les gisements de combustibles et tout particulièrement ceux du Carbonifère ont depuis longtemps prouvé à l'évidence le caractère terrestre de ces flores.

Néanmoins il s'est trouvé des personnes, bien rares il est vrai, admettant que les couches de houille des terrains houillers ont été formées au détriment de plantes marines et, chose curieuse, c'est presque toujours en Allemagne que cette idée a pris pied. Bischof déclarait que l'énorme quantité de matière végétale contenue dans la mer des Sargasses pourrait largement former une couche épaisse de charbon. Mais c'est Mohr qui en 1866 (Cf. *Geschichte der Erde,* Bonn. in-8°, 1866) a développé le plus longuement la théorie de la formation des couches de charbon par les plantes marines. De la composition chimique et des caractères physiques du charbon, il tire la preuve que ce charbon ne peut pas avoir été produit par des plantes terrestres dont la décomposition ne peut donner que de la tourbe ou du fusain, tandis que les plantes marines dépourvues de cellulose peuvent donner par décomposition, à l'abri de l'air, une matière amorphe et compacte comme le charbon. Quant à l'ammoniac que renferme la houille, il doit provenir de la putréfaction des animaux marins vivant attachés aux plantes marines. Quant à la provenance de ces plantes marines, il est aussi enclin à la rechercher dans les accumulations énormes de ces végétaux que l'on observe dans les mers et il fait aussi allusion à la mer des Sargasses dont il rappelle les vastes dimensions.

Le chimiste allemand Muck, bien connu par ses travaux sur la

chimie des combustibles, rencontre les objections que l'on a faites à la formation du charbon par les plantes marines, mais on voit aisément que sa réfutation n'est qu'une vague fin de non recevoir (Cf. Muck, *Die Chemie der Steinkohle*, Leipzig, 1880).

Petzhold donna aussi son adhésion à la même théorie (Cf. : *Beitrag zur Kenntniss der Steinkohlenbildung*, Leipzig, 1882), mais l'argument le plus sérieux qu'il peut trouver en sa faveur, c'est que les plantes terrestres n'auraient pas suffi pour former les immenses gisements de charbon que nous connaissons et que par conséquent il faut rechercher leur origine dans les plantes marines.

Une théorie qui a été si mal défendue devait être facile à écarter. Le Dr Cohn s'est donné la peine de montrer que l'hypothèse de Mohr ne reposait sur rien (Cf. : *Ueber Entstehung der Steinkohle aus Seetung*, *Jahresbericht der Schles. Ges. f. interland Cultur 1868*, p. 38). Il montre d'abord que les arguments tirés par Mohr de la composition chimique des charbons ne reposent que sur une connaissance imparfaite de la question, puis il développe les considérations que lui suggère l'étude qu'il a faite de la répartition des algues dans les mers d'Europe. Il montre d'abord que, contrairement à l'idée générale, la condition des algues n'est pas de flotter mais de vivre attachées au fond de la mer. Les algues qui flottent ne peuvent fructifier et doivent finalement gagner le fond de la mer également. Le fond de la mer est loin d'être garni partout de plantes. D'immenses espaces en sont complètement dépourvus là où le fond est constitué par le sable ou la vase. Aussi dans les mers peu profondes, on n'a jamais constaté la présence sur le fond de la mer, ni d'humus, ni de quoi que ce soit analogue au charbon. Les agitations et les courants ne permettraient d'ailleurs pas à des dépôts de ce genre d'y subsister. Aux fortes profondeurs de la mer ces dépôts pourraient subsister, mais justement là les algues font défaut.

Le long des côtes septentrionales il se produit des accumulations de fucus et de laminaires, mais elles sont détruites par les marées ou enfoncées dans les sables où elles disparaissent bientôt. Ce n'est que dans les régions arctiques que l'on rencontre des accumulations d'algues géantes comparables aux plantes des forêts terrestres.

Il est difficile d'ailleurs de se représenter la formation de combustible dans ces régions et on n'a d'ailleurs jamais rien observé de semblable. Quant à la question de la mer des Sargasses, Cohn la considère comme encore très obscure. Tout récemment

J. Stevenson a voulu jeter quelque lumière sur ce sujet et son exploration de la mer des Sargasses a montré que là aussi, comme trop souvent, la tendance des explorateurs à l'exagération s'est donné beau jeu. En réalité la quantité de végétaux marins flottant dans cette mer est loin d'avoir l'importance que d'aucuns lui avaient attribuée (Cf. J. Stevenson, *The Sargasso See. Science,* (nouv. sér., t. 32, p. 832, 1910).

Comme on peut le voir, tout ceux qui ont combattu la formation de gîtes de combustible par les plantes marines ont toujours fait valoir avec raison comme objection capitale, le fait qu'on ne rencontre aucune trace d'algue au voisinage ni dans les gisements de combustible et que de plus on n'a jamais, dans la nature actuelle, observé de formation de combustible au détriment de plantes marines.

Sans vouloir le moins du monde ressusciter la défunte théorie de la formation des gisements de combustible par les plantes marines, on peut cependant faire quelques réserves sur le bien-fondé de la dernière partie de cette argumentation. Certes les dépôts actuels de tourbe d'origine marine n'ont pas l'importance ni l'extension que d'aucuns voulaient leur attribuer, mais font-ils complètement défaut ? C'est une autre question. Nous avons peine à nous figurer les ressources de la nature et trop souvent nous voulons l'enfermer dans le cercle étroit de notre horizon borné.

Quand on a vu les masses considérables de varech qui s'accumulent sur certaines plages normandes ou bretonnes, on a peine à croire que, dans des circonstances favorables, ces matières végétales ne pourraient pas donner des gîtes de combustible. J'ai eu l'occasion d'observer en Sardaigne un dépôt tourbeux évidemment formé de plantes marines montrant par conséquent la possibilité de la formation de gisements de ce genre, lorsque les conditions favorables sont réalisées. Nous montrerons aussi que le Dr Cohn avait tort de croire (cf. *op. cit.*) qu'il ne pouvait pas se former d'accumulations de plantes marines sur les côtes méridionales.

A l'extrémité S.-O. de la Sardaigne il existe un vaste golfe appelé « Golfo di Palmas » situé entre la Sardaigne et les îles de San-Pietro et de San-Antioco. L'angle N.-E. de ce golfe est échancré par une petite anse appelée Porto-Botte, la localité historique où abordèrent pour la première fois les Romains lorsqu'ils envahirent la Sardaigne et où aboutit actuellement le terminus du chemin de fer des mines de St-Léon. Tout le bord

du golfe de Palmas surtout au N.-E. est constitué par une plaine très basse entrecoupée de marais et d'étangs et dont le sol est formé d'alluvions entremêlées de cailloux roulés et qui donnent naissance à une côte très basse à peine marquée. Le fond de la mer en pente très faible est couvert d'un cailloutis continu se prolongeant dans la mer aussi loin qu'on peut voir. Or chose curieuse, dans l'anse de Porto-Botte, la côte disparaît sous une accumulation d'une litière particulière. Au bord de la mer on voit que cette litière s'élève au-dessus des eaux d'environ 0m,30 à 0m,40 en une petite falaise abrupte montrant la tranche du dépôt. Celui est constitué par un feutrage assez stratifié de plantes allongées empilées les unes sur les autres. A la surface et dans la saison très sèche où j'ai fait mes observations (août) les plantes sont fort sèches et ont une teinte grisâtre. Elles sont libres et le dépôt n'a aucune cohésion. Mais plus bas il devient plus humide de plus en plus foncé et entrelacé et finit par acquérir la consistance d'une tourbe fibreuse. La formation descend évidemment sous le niveau de l'eau comme on le voit sur la tranche, au bord de la mer, mais l'abondance de l'eau empêche de voir jusqu'à quelle profondeur on rencontre cette tourbe. Les végétaux qui constituent cette tourbe paraissent tous les mêmes. Ce sont des lanières très minces ayant tout au plus la largeur du petit doigt et longues parfois de plusieurs décimètres. Les végétaux superficiels, les mieux conservés, montrent absolument l'aspect d'algues desséchées du groupe des Laminaires. Le dépôt paraît assez étendu dans toute l'anse assez vaste de Porto-Botte. Vers l'intérieur il se fond insensiblement dans le terrain alluvionnaire et s'étend jusqu'à une petite saline ancienne aujourd'hui desséchée. Il y a là certes un nombre respectable de mètres cubes d'un dépôt tourbeux en voie de formation. Je n'ai pas eu l'occasion de parcourir d'autres parties du golfe de Palmas pour voir si ce dépôt y existe aussi. Le temps m'a manqué pour cela et la région ravagée par la fièvre paludéenne en cette saison se prête mal à une exploration. J'ai cependant encore observé la côte du golfe de Palmas tout au fond du golfe là où l'isthme étroit et bas qui réunit l'île de San-Antioco à la terre ferme longe la rade di Ponti. Le dépôt tourbeux n'y existe pas.

Voyons maintenant quelle peut être l'origine de cette formation si spéciale et si localisée, nécessairement due à un ensemble de conditions très particulières rarement réalisées ailleurs

puisque des formations semblables n'ont pas encore été signalées, à ma connaissance.

Pour bien comprendre ces conditions il est nécessaire d'avoir sous les yeux la carte topographique au 1/25 000 d'Italie f° 233 (pl. III S.-O.) Golfo di Palmas. On voit que dans cette région de la Sardaigne l'île est bordée par un relief dirigé N.-O. à S.-E. et formé par les montagnes trachytiques et palaeozoïques du Sulcis et de l'Iglescente. En mer et parallèlement s'étend le relief trachytique des îles San-Antioco et San-Pietro. La dépression qui s'étend entre ces deux lignes de relief est occupée partie par la mer, partie par une plaine alluvionnaire. L'isthme qui réunit San-Antioco à la Sardaigne coupe cette dépression en deux et au sud et largement ouvert vers le midi s'étend le golfe de Palmas.

Il est probable que les côtes et les fonds rocheux qui se développent dans la partie sud du golfe sont favorables au développement d'algues et spécialement de laminaires. Celles-ci arrachées par les tempêtes si fréquentes autour de la Sardaigne sont poussées vers le fond du golfe et s'accumulent sur la côte. Dans des régions humides ces algues se décomposeraient probablement avec rapidité, mais avec le climat remarquablement sec de la Sardaigne le dépôt peut s'accroître sans se décomposer trop vite. Alors les parties inférieures protégées de l'accès de l'air par les couches superficielles peuvent petit à petit subir la transformation tourbeuse. On peut se demander d'après cela pourquoi le dépôt tourbeux n'existe pas aussi au fond du golfe, contre l'isthme indiqué plus haut. La chose est, je pense, assez aisée à expliquer.

La grande dépression dont nous avons parlé plus haut, par suite de son orientation forme une sorte de couloir où le mistral souffle avec une grande violence. Pour s'en convaincre on n'a qu'à regarder les rares oliviers sauvages qui croissent dans la plaine alluvionnaire. Sous l'action répétée du mistral leur tête est pliée à angle droit avec le tronc et croît horizontalement tournée pour tous invariablement vers le S.-E. L'isthme très plat et étroit n'offrant aucune protection contre le vent, les algues que le vent du sud pousse contre l'isthme sont rejetées dans le golfe quand souffle le mistral. Les algues ne peuvent se maintenir contre la côte que là où il existe des anses mieux protégées. C'est le cas pour l'anse de Porto-Botte mieux abritée contre la côte dans un repli de celle-ci tourné vers le S.-E.

Comme on le voit donc le curieux dépôt que nous venons de décrire doit son existence à un concours de plusieurs circonstances bien spéciales. Néanmoins les côtes de Sardaigne sont si variées et si sinueuses que je ne doute nullement de l'existence, en d'autres endroits de l'île, de formations semblables. Il n'est pas non plus illogique de supposer qu'avec le même concours de circonstances, mais sur une échelle plus vaste, il pourrait se produire des dépôts de tourbe marine plus considérables.

X. Stainier,
Professeur à l'Université de Gand.

BIBLIOGRAPHIE

I

Encyclopédie des Sciences mathématiques (Édition française publiée sous la direction de J. Molk). Tome I, vol. 2, fasc. 2 et 3; tome I, vol. 3, fasc. 3 et 4; tome I, vol. 4, fasc. 4; tome II, vol. 2, fasc. 1; tome II, vol. 3, fasc. 1; tome III, vol. 1, fasc. 1; tome III, vol. 3, fasc. 1. — Paris et Leipzig, Gauthier-Villars et Teubner, 1910 et 1911.

Les années 1910 et 1911 ont vu l'éclosion de neuf nouveaux fascicules de l'*Encyclopédie,* dont cinq relatifs au tome I (Arithmétique et Algèbre), deux au tome II (Analyse), deux au tome III (Géométrie). Le même soin a présidé à l'élaboration de ces nouveaux fascicules où l'importance relative des additions de l'édition française par rapport à l'édition allemande n'est pas moindre que dans les précédents fascicules; aussi la richesse de cette édition française est-elle véritablement incomparable. Sans rien enlever aux divers collaborateurs de l'*Encyclopédie* de leur très grand mérite, il est permis de faire honneur de la perfection avec laquelle cette édition française est mise au point, à M. Molk dont le zèle infiniment scrupuleux est à la hauteur de sa vaste érudition. Il n'est pas exagéré de dire que pas une ligne de cette œuvre considérable ne voit le jour sans qu'elle ait été passée au crible de sa critique vigilante, et cela explique, en dépit de la multiplicité des collaborateurs, l'homogénéité qui s'affirme dans l'ensemble de cette belle édition.

Voici maintenant la liste des articles contenus dans les fascicules ci-dessus énumérés :

Propriétés générales des corps et des variétés algébriques, d'après G. Landsberg, par J. Hadamard et J. Kürschak.

Théorie des formes et des invariants, d'après F. W. Meyer, par J. Drach *(à suivre).*

Théorie arithmétique des formes, d'après K. Th. Vahlen, par E. Cahen.

Propositions transcendantes de la théorie des nombres, d'après P. Bachmann, par J. Hadamard et E. Maillet *(à suivre).*

Technique de l'assurance sur la vie, d'après G. Bohlmann, par H. Poterin du Motel.

Économie politique, par V. Pareto.

Analyse algébrique, d'après A. Pringsheim, par G. Faber et J. Molk.

Fonctions analytiques, d'après W. F. Osgood, par P. Boutroux et J. Chazy *(à suivre).*

Existence de l'intégrale générale. Détermination d'une intégrale particulière par ses valeurs initiales, par P. Painlevé.

Méthodes d'intégration élémentaires. Étude des équations différentielles ordinaires au point de vue formel, par E. Vessiot.

Principes de la géométrie, par F. Enriques.

Notes sur la géométrie non-archimédienne, par A. Schœnflies.

Les notions de ligne et de surface, d'après H. von Mangoldt, par L. Zoretti *(à suivre).*

Coniques, d'après F. Dingeldey, par E. Fabry *(à suivre).*

On remarquera que plusieurs de ces exposés, dus à MM. Pareto, Painlevé, Vessiot, Enriques, figurent dans l'édition française à titre original.

Ces divers fascicules sont complétés par une *Tribune publique* renfermant des remarques ou additions relatives aux parties de l'*Encyclopédie* déjà parues, et qui émanent pour la plupart des lecteurs eux-mêmes. En fin de publication, ces tribunes publiques, réunies en un dernier fascicule, constitueront un très intéressant supplément de l'*Encyclopédie* dont, sous le contrôle des autorités compétentes, la mise au point définitive aura ainsi été obtenue grâce, peut-on dire, à la collaboration de tout le monde.

M. O.

II

Leçons sur le calcul des variations par J. Hadamard, professées au Collège de France. — Paris, Hermann.

L'ouvrage dont M. Hadamard publie le premier tome aura un grand retentissement. On sait que le Calcul des Variations,

fondé par les géomètres du XVIIIe siècle, en particulier par Euler, les Bernoulli, par Lagrange, développé, au XIXe siècle, par des hommes comme Jacobi, reçut ensuite l'épreuve de la critique de Weierstrass.

On peut dire que cette science resta un peu désemparée. Après Weierstrass, on vit clairement que la doctrine ancienne, de Lagrange et de Jacobi, donne bien des conditions *nécessaires*, mais non point des conditions *suffisantes*. Tel est l'état de la question : il faut obtenir des conditions nécessaires et suffisantes. Avouons que le problème est difficile ; M. Hadamard le montre bien par la variété des méthodes qu'il expose et qu'il critique.

Il faut évidemment attendre le tome second pour avoir une vue plus nette des résultats actuels et nul, plus que M. Hadamard, n'est capable de nous la donner. Pour l'instant, parlons du premier volume, déjà riche en résultats positifs.

Le problème, en apparence élémentaire, des *Maxima* n'est pas encore résolu, sauf pour les fonctions d'une seule variable. Il est difficile de distinguer le maximum du minimum et du minimax (qui n'est ni l'un ni l'autre). De plus, notons-le bien, le Calcul différentiel ne sait pas distinguer un extremum *relatif* d'un extremum *absolu*. Par extremum, on entend indifféremment un maximum ou un minimum.

S'il y a tant de difficultés pour les extrema des fonctions *données*, on pense bien qu'elles sont décuplées lorsqu'il s'agit de déterminer la fonction, sous un signe d'intégration, de telle sorte qu'elle procure à *la quadrature effectuée* un extremum. Et tel est l'objet, en principe, du Calcul des Variations ; en plus, il peut exister toutes sortes de conditions supplémentaires.

Lagrange a donné une *condition nécessaire*, qu'il obtenait par un raisonnement très ingénieux. Mais la question n'est alors qu'ébauchée, parce que nous ne savons pas si nous obtenons un extremum absolu. M. Hadamard explique ce point avec une parfaite clarté. Paul du Bois-Reymond faisait aussitôt une objection : on écrit une équation différentielle du second ordre, à laquelle la fonction inconnue doit satisfaire ; sait-on si cette fonction admet une dérivée seconde continue ?

Grâce à la théorie des fonctions implicites, on sait montrer maintenant que cette objection n'a rien d'embarrassant dans le cas des intégrales simples. A cet endroit, M. Hadamard introduit une courbe qu'il nomme *figurative* et que M. Carathéorodory appelait indicatrice ; il y a lieu aussi de dessiner sa polaire réciproque, la *figuratrice*.

Ces images géométriques sont toujours commodes et on ne saurait trop les employer.

Après avoir supposé les limites de la quadrature *fixes*, ce qui simplifie beaucoup, M. Hadamard passe aux limites *variables*, ce qui donne des termes complémentaires dans l'équation obtenue par Lagrange. Ceci est bien connu et M. Hadamard l'expose très clairement.

Au milieu du volume, on verra apparaître les *fonctionnelles* ou fonctions de lignes et de surfaces et M. Hadamard cherche visiblement à tirer tout le parti possible de cette notion. Cette idée est tout à fait *nouvelle* et heureuse.

Après l'étude de la variation première, nous passons à la variation seconde, aux conditions de Jacobi et de Legendre et aux relations entre les deux.

Puis vient l'exposé de la méthode de Weierstrass et il est juste de mentionner que M. Darboux, dans l'étude des *géodésiques* et de l'*action* de Maupertuis, a, de son côté, utilisé une idée analogue à celle de Weierstrass, d'une façon indépendante.

Soit une *extrémale*, c'est-à-dire une courbe solution de l'équation différentielle du second ordre de Lagrange ; Weierstrass compare la quadrature effectuée suivant l'extrémale à la quadrature effectuée le long d'une courbe quelconque ayant les mêmes extrémités, et il fait cette comparaison en exprimant la différence par une quadrature effectuée sur la courbe de comparaison choisie.

Appelons E la fonction qui entre alors sous le signe de quadrature ; si E conserve un signe constant pour toutes les courbes de comparaison, on est bien certain d'avoir un extremum. Le calcul de E est d'ailleurs lié aux propriétés de *transversalité* des extrémales.

Weierstrass a ainsi établi des conditions suffisantes et elles coïncident avec les conditions nécessaires, sauf dans des cas exceptionnels que l'on ne rencontre jamais dans les applications.

On peut donc considérer la question théorique comme résolue par Weierstrass. Après l'exposé de ce point de vue, M. Hadamard passe aux solutions discontinues (Carathéorodory), puis il retourne aux méthodes anciennes et c'est son dernier chapitre.

Si nous mentionnons que ce livre contient plus d'un théorème d'analyse pure, qu'il ne se borne pas au cas d'une seule fonction inconnue ni au cas où l'on a seulement dans la quadrature, la première dérivée, si nous disons que la représentation *paramétrique* des courbes est constamment employée après la repré-

sentation ordinaire, nous aurons suffisamment montré l'importance du livre de M. Hadamard.

A cette heure, il est l'instrument indispensable à qui veut connaître le Calcul des Variations.

La question est colossale, avec les distinctions de minimum *fort* et de minimum *faible*, avec les conditions *larges* et les conditions *strictes* (inégalités de la forme $A \leqslant B$ ou $A < B$).

Il semble actuellement que chaque problème comporte sa méthode, plus favorable, plus maniable.

Il y a bien là de quoi tenter les esprits curieux et subtils qui ne croient pas que la Science finit là où s'arrête le manuel de l'examen.

Il faut recommander aux étudiants encore peu avancés de lire ce livre, la plume à la main, en mettant une seule fonction au lieu de n et en réservant pour plus tard la représentation paramétrique.

ADHÉMAR.

III

THÉORIE DES FONCTIONS MÉTASPHÉRIQUES, par N. NIELSEN, professeur à l'Université de Copenhague. Un vol. grand in-8° de 212 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Alors que la théorie générale des fonctions absorbe à elle seule la plus grosse somme d'efforts des mathématiciens modernes, il est heureux, il est bon que quelques-uns d'entre eux continuent de s'appliquer à l'étude particulière de certaines catégories de fonctions destinées à accroître ce que l'on pourrait appeler le stock des outils analytiques tout forgés, dans lequel pourront venir s'alimenter les applications ultérieures de l'analyse, et, plus spécialement, celles qui comportent l'intégration de certaines équations différentielles.

C'est à des recherches de cet ordre que M. Nielsen se consacre avec un plein succès. Nous lui devons déjà des traités, aujourd'hui classiques, sur les fonctions cylindriques et sur la fonction gamma. Son nouveau volume a trait aux fonctions métasphériques, généralisation des fonctions sphériques que définissent les séries hypergéométriques. Ces fonctions, qui se présentent deux à deux comme des intégrales particulières indépendantes

d'une équation différentielle, linéaire et homogène du second ordre, comprennent, à titre de cas particuliers, les fonctions sphériques ordinaires de Legendre, les fonctions annulaires et les fonctions coniques.

L'ouvrage se divise en trois parties.

La première a pour but de grouper un ensemble de notions et de lemmes que l'auteur utilise par la suite, et notamment un résumé des propriétés fondamentales de la fonction gamma et de la fonction hypergéométrique. On y rencontre une importante digression, due à M. Nielsen lui-même, sur une classe de séries infinies.

C'est dans la deuxième partie qu'est développée la théorie générale des fonctions métasphériques définies au moyen d'un système de deux équations fonctionnelles renfermant deux quantités arbitraires γ et ρ dites l'une le paramètre, l'autre l'indice de la fonction. L'auteur montre immédiatement que la fonction la plus générale ainsi définie est intégrale d'une équation différentielle, linéaire et homogène, du second ordre, du type dit équation de Legendre, et que toute fonction métasphérique peut s'exprimer linéairement au moyen de deux telles fonctions, supposées indépendantes, les coefficients étant des fonctions du paramètre γ et de l'indice ρ, périodiques (et de période 1) par rapport à ce dernier. Il fait voir, en outre, comment toutes les fonctions métasphériques peuvent se ramener à quatre fonctions fondamentales qu'il dénomme M, N, P, Q, et même comment leur étude peut se réduire à celle de la fonction Q. C'est là, dans un domaine transcendant, un fait analogue à celui qui résulte, dans le domaine tout élémentaire de la trigonométrie, de la considération, par exemple, de la fonction sinus.

L'étude du prolongement analytique et de la nature des points critiques des fonctions métasphériques est pour M. Nielsen l'occasion de développements originaux où s'affirme son habileté analytique et qui le conduisent à maints résultats nouveaux.

Sous le nom de fonctions ultrasphériques, il envisage à part celles à indice entier, qui jouissent de propriétés particulières intéressantes dont quelques-unes avaient, par d'autres voies, été déjà rencontrées par divers analystes, au premier rang desquels il faut citer Euler et Jacobi.

A titre d'applications des formules fondamentales, l'auteur traite divers problèmes difficiles qui le conduisent, par une voie

systématique, à d'importants résultats dus à Gauss, à Legendre, à François Neumann.

La troisième partie de l'ouvrage est consacrée aux séries infinies dont les termes sont constitués au moyen de fonctions métasphériques, jouant, dans ce domaine, un rôle analogue à celui que remplissent les séries de Fourier par rapport aux fonctions trigonométriques.

C'est ainsi que l'auteur envisage successivement les séries de Charles Neumann et de François Neumann, applicables au développement de fonctions analytiques en des domaines limités par certaines ellipses. Il éclaire d'ailleurs cet exposé d'exemples intéressants.

Poussant ses propres recherches plus loin encore, M. Nielsen est parvenu, en dépit des exceptionnelles difficultés de la question, à édifier, à son tour, une savante théorie des séries infinies dans lesquelles l'élément, au lieu d'être simplement une fonction métasphérique, est le produit de deux telles fonctions. Malheureusement, de telles séries, ainsi que l'auteur le remarque lui-même, « sont aussi compliquées qu'elles ne semblent présenter qu'un intérêt médiocre au point de vue des applications pratiques ». L'auteur se borne donc, simplement pour mettre en lumière la façon dont il a triomphé des obstacles que rencontre une telle recherche, à traiter le cas le plus simple, celui où l'élément générateur de la série est un carré de fonction métasphérique.

M. Nielsen étudie ensuite quelques séries de fonctions hypergéométriques généralisées, indiquant la possibilité d'une évaluation commune de toutes les séries connues de ce genre.

Il établit enfin deux formules d'addition relatives aux fonctions métasphériques, dont la seconde lui appartient en propre, et dont, ainsi qu'il en fait la remarque, « la raison... est à chercher dans le fait curieux que la fonction métasphérique générale, prise d'un argument très compliqué, satisfait à des équations aux dérivées partielles d'une forme très simple ».

La quatrième et dernière partie est réservée à l'examen de la façon dont interviennent les fonctions métasphériques dans la détermination de certaines intégrales définies. On a plaisir à y voir déduire, des formules générales précédemment établies, de beaux résultats dus à Laplace, Jacobi, Heine, Dirichlet,... L'auteur développe à ce point de vue d'intéressantes applications des séries de Charles Neumann et des formules d'addition ; il

termine par de curieuses applications de l'intégrale de M. de Sonine contenant des fonctions cylindriques.

A ceux qu'intéresse le jeu des transformations analytiques savantes et ingénieuses, tel que le pratiquaient les Hermite et les Stieltjes, le beau livre de M. Nielsen offrira une source abondante de jouissances intellectuelles.

M. O.

IV

Sommations par une formule d'Euler, par E. Legrand. Un vol. in-8° de 46 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Il s'agit de la formule faisant connaître la différence entre l'intégrale d'une fonction prise entre a et $a + nh$ et la somme des rectangles ayant pour bases les intervalles h successifs, considérés entre les mêmes limites, et pour hauteurs les ordonnées correspondantes de la courbe représentative de la fonction considérée, formule dont, comme on sait, les coefficients successifs sont les nombres de Bernoulli.

Cette formule sert, en général, au calcul par approximation de certaines intégrales définies. M. Enrique Legrand l'utilise inversement, lorsque l'intégrale y intervenant est de celles qu'on sait effectuer, pour obtenir diverses sommations, soit en toute rigueur, soit approximativement, et effectuer certaines recherches de limites.

Les problèmes traités sont d'une grande variété et fournissent d'intéressants exercices d'algèbre formelle. Les calculs numériques y sont développés avec grand soin et le degré d'approximation obtenu toujours mis en évidence.

Par une singularité qui mérite d'être mentionnée, le texte est donné sur deux colonnes, d'une part en français, de l'autre en espagnol. Les deux versions sont si exactement équilibrées que toutes les formules et équations, communes à l'une et à l'autre, ont pu être mises en vedette sur toute la largeur de la page entre des alinéas exactement de même longueur en l'une et l'autre langue.

M. O.

V

Leçons sur les systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes, par G. Darboux, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université de Paris, 2me édit., complétée. Un vol. in-8° de 567 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

La première édition de cet ouvrage (1), parue en 1898, était destinée, dans la pensée de l'auteur, à être suivie d'un Tome II qu'il avait dessein de consacrer à l'exposition de certaines théories liées au sujet principal, de celles notamment qui concernent les formes quadratiques de différentielles. Diverses circonstances ne lui ayant pas permis de remplir tout le programme qu'il s'était ainsi tracé, M. Darboux s'est décidé à constituer, au moyen des matériaux qu'il avait commencé à réunir pour ce second volume, un complément au premier dont la nouvelle édition, ainsi accrue, se trouve renfermer, ainsi que le fait remarquer l'auteur lui-même, « tout ce qui, au moment présent, est acquis d'essentiel à la Science sur la belle théorie inaugurée par les travaux de Gabriel Lamé ». Le volume ainsi constitué apparaît alors comme une sorte de cinquième volume pour cette importante suite de *Leçons sur la théorie générale des surfaces* qui resteront comme l'œuvre maîtresse du savant géomètre.

A la suite des deux premiers livres qui figuraient dans la première édition, la partie nouvelle forme, sous le titre de *Théories générales,* le Livre III. Elle s'ouvre par un chapitre d'essence purement analytique, où l'auteur étudie certains systèmes d'équations aux dérivées partielles du premier ordre qui jouent en Géométrie infinitésimale un rôle capital, savoir : des systèmes résolus par rapport à toutes les dérivées des fonctions inconnues y figurant.

L'auteur distingue parmi eux et traite à part : 1° ceux pour lesquels on connaît une dérivée, et une seule, de chaque fonction inconnue ; 2° ceux qui déterminent toutes les dérivées des fonctions inconnues et où toutes les conditions d'intégrabilité sont vérifiées ; 3° ceux où certaines fonctions entrent par plusieurs dérivées. En employant, au lieu des séries de Cauchy, la méthode d'approximation de M. Picard, M. Darboux établit, pour

(1) Voir la Revue de juillet 1898, p. 268.

chacun de ces trois types, des théorèmes généraux qui fixent les conditions d'existence et le degré de généralité des solutions. Ces théorèmes, susceptibles de nombreuses applications non seulement à la Géométrie, mais encore à la Physique mathématique, sont immédiatement utilisés par l'auteur aux fins qu'il se propose.

M. Darboux en tire, en effet, d'intéressants développements relatifs aux systèmes de coordonnées curvilignes qu'il qualifie de *parallèles*, qui sont ceux se correspondant de telle manière qu'aux points homologues les plans tangents aux surfaces coordonnées soient parallèles et, par suite aussi, les tangentes aux courbes coordonnées. L'auteur montre que les systèmes sont alors à lignes conjuguées, c'est-à-dire que les courbes coordonnées forment un réseau de lignes conjuguées sur chaque surface coordonnée ; il détermine le degré de généralité de tels systèmes et en démontre un grand nombre de propriétés géométriques.

Ces développements n'écartent d'ailleurs pas l'auteur de son sujet principal, attendu que les systèmes triples orthogonaux ne sont qu'un cas particulier — au reste, le plus intéressant — des systèmes à lignes conjuguées.

M. Darboux, après avoir rappelé qu'on peut envisager cette théorie spéciale à un point de vue cinématique, en liant l'étude des systèmes triples orthogonaux à celle du mouvement d'un trièdre dont on connaît les rotations et les translations, aborde les détails du problème ainsi particularisé. Il fait voir qu'un système triple orthogonal est pleinement défini lorsqu'on se donne une surface de chacune des trois familles et montre comment on peut construire cet ensemble de trois surfaces et quel est son degré de généralité.

La génération des systèmes triples orthogonaux a donné lieu à des recherches importantes qui ont abouti notamment entre les mains de Combescure et de Ribaucour à d'élégants théorèmes dont l'auteur donne des démonstrations. Le théorème de Combescure a d'ailleurs servi de point de départ à la méthode de récurrence que l'auteur expose et qui peut être regardée comme le plus puissant moyen de recherche des systèmes triples orthogonaux. Si le théorème de Ribaucour ne donne rien de plus que cette méthode, il faut toutefois reconnaître qu'il est d'une incomparable élégance ainsi que le sont la plupart des résultats dus à ce magnifique géomètre.

Toutefois, la méthode la plus féconde semble être celle que M. Darboux expose en dernier lieu et qui, fondée sur l'emploi

des imaginaires, fait dépendre la solution complète du problème d'une équation aux dérivées partielles du troisième ordre qui ne contient que trois termes. Chemin faisant, l'auteur rappelle comment, bien que par une voie détournée, Ossian Bonnet était parvenu, dès 1862, à réduire la principale difficulté du problème à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du troisième ordre.

M. Darboux pousse, au reste, à fond l'étude de cette méthode dont il indique diverses applications. En généralisant un célèbre théorème de Moutard sur les équations aux dérivées partielles du second ordre à invariants égaux, il est conduit, par une voie nouvelle, à la méthode de récurrence qui lui a permis de déduire, par de simples quadratures, de tout système triple, pour lequel on sait déterminer les systèmes parallèles, une suite illimitée de systèmes nouveaux.

L'auteur approfondit l'étude des systèmes triples qui admettent un groupe continu de transformations de Combescure, systèmes qui ont été envisagés pour la première fois en 1866 par M. Darboux lui-même et qui ont été, depuis lors, l'occasion d'importantes recherches de la part de divers géomètres parmi lesquels il convient de citer tout particulièrement M. Egorov.

Ayant fait voir que la détermination des systèmes en question se ramène à la mise sous une forme spéciale de l'élément linéaire de la sphère, l'auteur indique la solution complète de ce dernier problème qui a été donnée dernièrement par M. J. Haag. Il étudie enfin, d'après Ribaucour, toutes les surfaces qui admettent les systèmes sphériques précédents comme représentation de leurs lignes de courbure.

Enfin, il montre comment la considération de certains systèmes rencontrés dans un cas particulier par M. Guichard permet d'étendre notablement les beaux résultats que, sur ce sujet, la Science doit à M. Egorov.

Le volume se termine par quatre notes traitant de sujets variés en relation avec le sujet principal, savoir : l'application du théorème d'Abel sur les intégrales algébriques à la détermination d'une suite illimitée de systèmes triples orthogonaux algébriques ; diverses importantes propriétés de la cyclide de Dupin ; la recherche des systèmes triples qui comprennent une famille de telles surfaces ou, plus généralement, de surfaces à lignes de courbure planes dans les deux systèmes ; divers théorèmes nouveaux sur une classe particulière de déformations ponctuelles de

l'espace dont la théorie se rattache directement à celles qui ont été développées dans le corps de l'ouvrage.

En venant se joindre aux quatre volumes de la *Théorie générale des surfaces*, celui-ci complète un ensemble que l'on peut regarder comme un des monuments les plus imposants que notre époque ait vu s'édifier dans le domaine de la science géométrique.

M. O.

VI

Cours de Mathématiques générales, par H. Bouasse. Un vol. grand in-8° de 646 pages avec 323 figures dans le texte. — Paris, Delagrave.

Après avoir publié un admirable *Traité de Physique*, M. Bouasse a voulu écrire une *Mécanique*, puis un livre d'analyse, estimant que les mathématiciens de profession font très mal les ouvrages destinés exclusivement aux physiciens et aux ingénieurs.

On serait absolument de l'avis de M. Bouasse, s'il ne faisait pas ses critiques avec une raideur vraiment un peu exagérée. Cela n'empêche pas qu'il nous rend le plus grand service.

Les professeurs de Mathématiques des universités n'ont jamais pu comprendre que certaines personnes étudient cette science pour s'en servir et non point en *artistes* ou pour la faire *avancer*.

Pourquoi donner à un ingénieur la théorie logique des fractions ou des nombres irrationnels ? La notion intuitive suffit pour ce qu'il a à faire. Pourquoi lui donner des critères de convergence des séries dont il ne se sert pas ?

Donnera-t-on des théorèmes sur les racines des équations, tels que ceux de Laguerre et d'Hermite, alors que le praticien a besoin d'une seule chose : savoir tracer, à peu près, la courbe ?

Pour un physicien, une ligne ou une aire est chose concrète, matériellement réalisée ; dans ces conditions, une ligne est toujours rectifiable, une aire est toujours quarrable. Concluons : le praticien a besoin de connaître beaucoup de *faits* mathématiques et il doit les apprendre par les voies les plus rapides, par l'intuition autant que possible.

L'expérience a montré tout cela à M. Bouasse, qui a mis dans son livre beaucoup de richesses.

On y trouve les fonctions circulaires, la cycloïde, l'épicycloïde, l'hypocycloïde, les surfaces réglées, les surfaces de révolution, les intégrales, les séries, les variables complexes, les formules de Green et de Stokes avec leur *interprétation physique,* qui est essentielle.

Ce livre peut même servir aux véritables étudiants en mathématiques, aux futurs professeurs, mais à la condition que, prenant les faits, ils les interprètent autrement.

Depuis cinquante années, les géomètres ont fait un effort considérable et fructueux pour obtenir des définitions vraiment bonnes, au point de vue scientifique, de l'intégrale, de l'aire, de la longueur d'une courbe, des nombres irrationnels. Weierstrass a montré que toute la doctrine du calcul des variations était à refaire ; la théorie des maxima, elle-même, n'est pas faite avec sûreté.

Si l'on se contentait du point de vue de M. Bouasse, il n'y aurait pas de science mathématique ; mais M. Bouasse n'a pas pris la plume pour les candidats de l'agrégation de mathématiques ; il devait faire ce qu'il a fait et personne n'osait le faire. Louons-le donc, avec plaisir !

ADHÉMAR.

VII

NOUVELLES TABLES TRIGONOMÉTRIQUES FONDAMENTALES, contenant les logarithmes des lignes trigonométriques de centième en centième du quadrant avec dix-sept décimales, de neuf en neuf minutes avec quinze décimales, et de dix en dix secondes avec quatorze décimales, par H. ANDOYER, professeur à la faculté des sciences de l'Université de Paris, membre du Bureau des Longitudes. Un vol. in-4° de XXXII-604 pages. — Paris, A. Hermann et fils, 1911.

Nous empruntons à la préface les passages suivants où l'auteur explique et justifie la présente publication :

Je dois tout d'abord rappeler brièvement quelques points, parmi les principaux, de l'histoire des tables de logarithmes trigonométriques, les seules dont il sera question ici. Pour une étude plus complète, je renverrai aux ouvrages spéciaux, notamment à l'*Histoire de l'Astronomie moderne* de Delambre,

au Rapport de J. W. L. Glaisher sur les tables mathématiques (*Brit. Assoc. Report,* 1873), à l'Encyclopédie des Sciences mathématiques (article sur le calcul numérique, de R. Mehmke, exposé par M. d'Ocagne dans l'édition française).

A quelques exceptions près, qui ne correspondent qu'à des tables abrégées de très faible étendue, signalées plus loin, toutes les tables publiées jusqu'à ce jour ne sont que des extraits plus ou moins perfectionnés des trois ouvrages originaux suivants :

1° La *Trigonometria Britannica*, de Henri Briggs, publiée par Henri Gellibrand à Gouda, en 1633 ;

2° La *Trigonometria artificialis,* d'Adrien Vlacq, publiée de même à Gouda, en 1633 ;

3° Les *Tables du Cadastre,* calculées en France à la fin du XVIIIe siècle (de 1794 à 1799) sous la direction de Prony, mais non publiées.

Ce sont là, je le répète, les seules tables générales qui aient été calculées directement, et d'ailleurs d'une façon indépendante, car elles sont de types très différents, tant par la disposition que par l'exécution.

Examinons de plus près ces œuvres originales, et les tables à plus de sept décimales qui en dérivent.

Les *Tables du Cadastre,* dont je parlerai d'abord, correspondent à la division centésimale du quadrant, elles donnent avec quatorze décimales, mais de façon à assurer seulement l'exactitude de la douzième, les logarithmes des lignes trigonométriques de dix en dix secondes centésimales. Le Service Géographique de l'Armée les a publiées, mais réduites à huit décimales, en 1891. Il faut encore ajouter que M. de Mendizabal-Tamborrel a donné, en 1891 aussi, des tables à huit ou sept décimales (suivant les cas) pour chaque seconde centésimale, d'après un calcul direct effectué avec dix chiffres décimaux : la comparaison avec les tables du Cadastre a été faite après ce calcul.

La *Trigonometria Britannica* renferme les logarithmes des lignes trigonométriques avec quatorze décimales, de centième en centième de degré sexagésimal, c'est-à-dire de 36″ en 36″. Mais la quatorzième décimale est généralement en erreur de plusieurs unités, de façon même quelquefois à altérer sensiblement la treizième.

Les tables de Callet renferment un extrait de la *Trigonometria Britannica,* de millième en millième du quadrant.

La *Trigonometria artificialis* donne les logarithmes des lignes

trigonométriques avec dix décimales, de dix en dix secondes sexagésimales. Mais la dixième décimale, comme le montre suffisamment la marche irrégulière des différences, est très souvent en erreur de une, deux, trois unités, et quelquefois plus, jusqu'à six unités. Delambre a comparé les nombres communs que l'on rencontre dans la *Trigonometria artificialis* et la *Trigonometria Britannica,* c'est-à-dire les logarithmes des sinus et tangentes de trois en trois minutes : l'errata résultant de cette comparaison se trouve au tome II de l'*Histoire de l'Astronomie moderne* (pp. 428-432).

Le célèbre *Thesaurus Logarithmorum completus* publié par G. Vega à Leipzig, en 1794, n'est qu'une réédition, avec quelques améliorations, de l'œuvre de Vlacq. De plus, Vega a étendu sa table à chaque seconde pour les deux premiers degrés. Mais la dernière décimale de Vega n'est pas beaucoup plus exacte que celle de Vlacq ; il semble qu'on puisse dire qu'il ne s'est pas soucié de la parfaite correction du dernier chiffre, car il n'a même pas pris la peine de faire une simple comparaison avec la *Trigonometria Britannica :* la dernière décimale de log sin 45° est fautive ! Évidemment Vega n'appliquait pas à la dernière décimale sa promesse de donner un ducat d'or pour chaque faute découverte dans son œuvre.

C'est l'incertitude de la dernière décimale dans Vega et dans Vlacq qui a obligé les éditeurs de tables à sept décimales parfaitement correctes, en particulier Bremiker et Schrön, à recalculer, à l'aide de la *Trigonometria Britannica,* les logarithmes de Vega dont les trois derniers chiffres forment un nombre voisin de 500, et aussi de 000, quand on a voulu indiquer si la septième décimale était, ou non, forcée.

C'est pour la même raison que MM. J. Bauschinger et J. Peters ont été obligés d'instituer une interpolation directe de la *Trigonometria Britannica,* pour construire leurs tables à huit décimales, de seconde en seconde sexagésimale (1911).

Le *Thesaurus* de Vega a été reproduit, à l'aide de la photozincographie, par l'Institut Géographique de Florence : un premier tirage à 250 exemplaires a eu lieu en 1889, un second, à 200 exemplaires, en 1892 ; un troisième tirage vient d'être effectué (1910). Mais les erreurs de l'édition originale n'ont pas été corrigées.

M. Max. de Leber a publié à Vienne en 1897, en même temps que des tables destinées à faciliter l'interpolation du *Thesaurus,* un errata partiel de Vega, obtenu comme celui de Delambre par

comparaison directe avec la *Trigonometria Britannica*, et renfermant en outre quelques autres erreurs signalées de côté ou d'autre. On doit d'ailleurs noter que les plus fortes erreurs de Vega comme de Vlacq échappent à cette comparaison.

La table abrégée à dix décimales de M. Börgen, publiée à Leipzig en 1908, par l'*Astronomische Gesellschaft*, est extraite du *Thesaurus*, de dix en dix minutes, en tenant compte des erreurs signalées jusqu'à ce jour.

Si maintenant nous arrivons aux tables abrégées originales, je ne vois guère à citer que deux essais nouveaux : d'abord une table des logarithmes-sinus à quinze décimales, pour tous les centièmes du quadrant, à la fin des tables à six décimales pour la division centésimale du cercle de M. W. Jordan (Stuttgart, 1894) ; en second lieu, une table spéciale d'antilogarithmes trigonométriques à quinze décimales, occupant une seule page dans les courtes tables d'antilogarithmes de H. Prytz, publiées à Copenhague, vers 1884.

Il résulte suffisamment des brèves explications qui précèdent que les tables trigonométriques sexagésimales, contrairement aux tables des logarithmes des nombres, n'ont bénéficié que de progrès insignifiants depuis l'invention des logarithmes, et que l'œuvre même des fondateurs, Briggs et Vlacq, non surpassée, demeure entachée de nombreuses erreurs qui la déparent. Quant aux tables du Cadastre, en admettant même leur parfaite correction, elles ont le grave tort d'être restées manuscrites, et de se prêter mal à l'impression.

Il y a donc un intérêt scientifique évident à amener les tables trigonométriques à un degré plus élevé de perfection, et cela sous une forme relativement pratique : il faut les corriger et les étendre, car dans certaines recherches, il faut pouvoir obtenir sans calculs trop laborieux plus de dix chiffres exacts.

Cet intérêt n'est d'ailleurs pas purement spéculatif, comme on pourrait le penser *a priori*, et l'accueil rencontré par la reproduction du *Thesaurus* suffirait à le prouver. Mais surtout, les progrès de l'Astronomie de précision, dus en particulier à l'emploi des méthodes photographiques, ont déjà montré, en plusieurs occasions, l'insuffisance des tables ordinaires à sept décimales. Il sera donc nécessaire certainement, dans un avenir rapproché, de mettre à la disposition des calculateurs des tables à huit et plutôt neuf décimales : pour les obtenir correctes, le *Thesaurus* de Vega est insuffisant, comme je l'ai déjà dit à propos des tables de MM. Bauschinger et Peters, qui répondent au

moins en partie au desideratum qui vient d'être exprimé, mais qui paraissent seulement au moment où j'écris ces lignes.

Telles sont les raisons qui m'ont déterminé à entreprendre le calcul direct et complet de ces *Nouvelles Tables Trigonométriques,* que j'ai appelées aussi *fondamentales,* parce qu'elles pourront servir en toute sécurité de base vraiment solide à toutes les publications ultérieures du même genre, mais moins étendues et par suite plus appropriées à la pratique courante, du moins tant que l'on n'aura pas besoin d'une précision supérieure à celle de quatorze décimales, ou même dix-sept.

Je me suis arrêté à la division sexagésimale du cercle, puisque ce sont les besoins de l'Astronomie que j'ai eus surtout en vue, et j'ai adopté comme Vlacq l'intervalle de dix secondes, le seul suffisamment restreint qui ne me conduisît pas à des difficultés insurmontables de publication, ni à des calculs démesurés : d'ailleurs, mon but primitif, notablement élargi par la suite, était simplement de calculer et publier l'errata complet de Vlacq et Vega, errata qui résulte immédiatement des présentes tables.

J'ai encore été détourné de la division centésimale par les raisons suivantes : avec cette division, le seul intervalle convenable à adopter était celui des tables du Cadastre, et je me serais par suite heurté aux mêmes difficultés de publication ; de plus le travail devenait trop considérable, sans que son utilité fût absolument justifiée, eu égard aux manuscrits déjà existants.

Je me suis borné à quatorze décimales pour les tables générales de 10″ en 10″, et à dix-sept décimales ou quinze pour les tables abrégées qui en sont la source : il ne paraît pas utile en effet de rechercher une plus grande approximation. Mais les résultats sont donnés à moins d'une demi-unité près de l'ordre du dernier chiffre.

Les calculs nécessaires pour l'établissement des présentes tables (sauf la Table I qui n'est pas trigonométrique) ont été faits entièrement à nouveau, par moi seul, sans aucun auxiliaire, même mécanique. Un travail régulier de chaque jour, et quelque goût naturel pour les calculs numériques m'ont permis, malgré mes occupations ordinaires et malgré quelques périodes d'inactivité ou de tâtonnements, de mener à bien ma tâche sans ennui en un temps suffisamment court, de juillet 1908 à mars 1910, soit un an et huit mois.

Le soin que j'ai pris de multiplier les vérifications, et de n'admettre aucun résultat qui ne se trouvât éprouvé, ainsi qu'on le verra dans l'Introduction, me permet d'affirmer que le manu-

scrit original, sur lequel les calculs ont été faits directement et qui a servi à former la copie de seconde main fournie pour l'impression, est absolument exempt de fautes, autant toutefois que l'on peut regarder comme impossibles des suites d'erreurs se compensant mutuellement d'une façon exacte. Ce manuscrit original sera déposé ultérieurement à la Bibliothèque de l'Université de Paris, à la Sorbonne.

Par la publication de ses Tables, M. Andoyer a rendu à l'Astronomie en particulier un service signalé. Tous ceux qu'intéresse l'art du calcul liront avec grand fruit l'introduction (pp. IX-XXXII) consacrée à la description des tables qui forment l'ouvrage, et à l'explication des méthodes suivies pour les calculer.

La Table I, d'une seule page, permet le calcul rapide du logarithme, avec dix-huit décimales, d'un nombre donné et inversement le nombre qui a un logarithme donné.

La Table II groupe les formules pour le calcul des logarithmes des lignes trigonométriques.

Les Tables III contiennent les logarithmes des lignes trigonométriques et leurs variations des divers ordres avec dix-sept décimales de centième en centième du quadrant (le grade). Elles sont surtout destinées à la construction de tables plus étendues.

Les Tables IV donnent les logarithmes des lignes trigonométriques avec quinze décimales de neuf en neuf minutes, et les variations pour dix secondes de logarithme-cosinus de dix-huit en dix-huit minutes jusqu'à 45°.

Les Tables V renferment les logarithmes des lignes trigonométriques et leurs différences avec quatorze décimales pour tous les angles du quadrant de dix en dix secondes.

Enfin, les Tables V^{bis} font connaître les fonctions $S(\alpha)$ et $T(\alpha)$ et leurs différences avec quatorze décimales, pour les trois premiers degrés de dix en dix secondes.

N. N.

VIII

Savants du Jour. Gabriel Lippmann. Biographie. Bibliographie analytique des écrits, par Ernest Lebon. Un vol. in-8° de VIII-70 pages avec portrait. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

En présentant à l'Académie des Sciences, dans la séance du 17 juillet 1911, la Notice sur Gabriel Lippmann, dont M. Ernest Lebon vient d'enrichir sa Collection des *Savants du Jour*, M. Gaston Darboux, Secrétaire perpétuel, s'est exprimé en ces termes :

« Cette Notice nouvelle est composée avec le même soin, avec le même souci de l'exactitude et selon la même méthode que les Notices précédemment parues (1). Nous y signalerons plus particulièrement les détails si intéressants et si curieux que donne M. E. Lebon sur la jeunesse et les premières études de notre illustre Confrère, sur les séjours qu'il a faits dans les Universités étrangères, sur l'accueil qu'il y reçut des savants les plus éminents, Kirchhoff et Helmholtz en particulier. Je me souviens encore que, lors d'un passage à Paris, Helmholtz prit plaisir à nous signaler celui qu'il avait vu à l'œuvre dans son laboratoire comme un de ceux qui devaient sans retard être pourvus d'un enseignement magistral à la Sorbonne.

» M. Ernest Lebon ne néglige pas de nous faire connaître la genèse des plus belles découvertes de Gabriel Lippmann, il nous donne une longue liste des travaux qu'il a inspirés et qui ont été accomplis dans son laboratoire de la Sorbonne.

» Nous n'hésitons pas à prédire à cette nouvelle Notice le succès et la faveur qui ont accueilli les précédentes. »

Avec la découverte de l'Électrocapillarité, écrit M. Lebon, la découverte qui honore le plus M. G. Lippmann, et qui lui a valu une réputation mondiale, c'est celle de la *Photographie des couleurs* par la méthode interférencielle ; et il nous donne sur la genèse et les progrès de cette mémorable découverte d'intéressants renseignements et des documents de choix. Nous leur empruntons les données qui suivent (2).

C'est en 1886 que M. G. Lippmann entrevit la possibilité de fixer les couleurs du spectre solaire par la plaque photographique, à la condition d'y employer une couche sensible *transparente et sans grains ;* il n'obtint celle-ci qu'entre 1887 et 1891, mais, dès lors, ses essais expérimentaux furent décisifs : le 2 février 1891, il en faisait connaître à l'Académie des Sciences les heureux résultats.

(1) Les notices précédentes sont consacrées à MM. Henri Poincaré, Gaston Darboux, Émile Picard et Paul Appell.

(2) On peut consulter aussi, dans cette Revue, t. XXX (juillet 1891) p. 248, l'article : la *Photographie des couleurs*.

La théorie — nous la rappellerons plus loin — n'indiquait pas seulement la possibilité de fixer les couleurs simples du spectre, mais aussi celle de reproduire les couleurs composées des corps naturels ; mais il fallait d'abord perfectionner l'isochromatisme des plaques. M. G. Lippmann s'y employa, et parvint à améliorer assez la couche sensible pour pouvoir montrer à l'Académie des Sciences, le 25 avril 1892, des résultats très encourageants. « Les quatre clichés que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, dit-il, représentent fidèlement des objets divers : un vitrail en quatre couleurs, rouge, vert, bleu, jaune ; un groupe de drapeaux ; un plat d'oranges surmontées d'un pavot rouge ; un perroquet multicolore. Ils montrent que le modelé est rendu en même temps que les couleurs. »

Restait à diminuer le *temps de pose* jusque-là très long : les drapeaux et l'oiseau avaient nécessité dix minutes d'exposition à la lumière électrique ou au soleil ; le vitrail et le plat d'oranges, de nombreuses heures à la lumière diffuse. Pour atteindre le but poursuivi, il fallait perfectionner l'orthochromatisme des plaques et augmenter considérablement leur sensibilité. Ce fut l'œuvre de plusieurs expérimentateurs.

En 1893, la technique du procédé Lippmann faisait, entre les mains de MM. A. et L. Lumière de Lyon, des progrès assez sensibles pour pouvoir fournir « des *portraits* en quatre minutes d'exposition au soleil ». L'année suivante, en 1894, M. E. Valenta obtenait des résultats meilleurs encore. Comme MM. Lumière, il remplaçait la couche à l'albumine, employée par M. G. Lippmann, par une couche au gélatino-bromure d'argent plus sensible et plus facile à fabriquer. Mais c'est M. R. Neuhauss qui a le plus contribué au perfectionnement de l'isochromatisme des plaques. M. G. Lippmann lui-même, d'ailleurs, travaillait avec succès à rendre son procédé plus pratique. En 1899, il indiquait une émulsion et un mode de développement qui permirent à M. G. Goddé d'obtenir un prix au concours ouvert, en 1901, par la Société française de Photographie ; et, en 1905, il arrivait, grâce à l'emploi successif d'une dissolution aqueuse d'iodure de potassium et d'une dissolution de nitrate d'argent, à obtenir des couleurs extrêmement brillantes qui, une fois la plaque séchée, subsistaient avec tout leur éclat. Dans la note qu'il lut à ce sujet à l'Académie des Sciences, le 5 juin 1905, M. G. Lippmann faisait remarquer que les couleurs des épreuves, observées par transparence, se changeaient en leurs complémentaires. Il en concluait que des épreuves en couleurs pourraient être multi-

pliées par tirage au châssis-presse *si l'on parvenait, en partant de pellicules au gélatinobromure d'argent, à avoir, assez vives, sur la plaque photographique vue par transparence, les couleurs complémentaires de celles des objets.* Ce n'était pas la première fois que M. G. Lippmann insistait sur cette possibilité : il l'avait indiquée déjà en 1900 ; mais alors, plus encore qu'en 1905, les couleurs vues par transparence étaient trop faibles pour pouvoir être utilisées. Si elles le sont encore aujourd'hui, on entrevoit qu'un progrès de la technique suffirait pour les rendre plus brillantes et permettre ainsi la multiplication des épreuves.

M. G. Lippmann a exposé la théorie de la photographie des couleurs simples et composées par son procédé, dans deux notes qu'il présenta à l'Académie des Sciences. Dans la première, datée du 15 janvier 1894, il se borne au cas particulier des ondes planes. Dans la seconde, datée du 30 juillet 1906, il généralise, en tenant compte de la sphéricité des ondes, l'exposé de 1894. La théorie générale lui a suggéré l'idée que, du moins en principe, le miroir de mercure qui joue un rôle essentiel dans son procédé — nous le verrons plus loin — pourrait être remplacé par l'un quelconque des systèmes inventés pour donner des franges dans l'espace. Il ne croit pas, cependant, que ces dispositifs nouveaux permettent de réaliser *pratiquement* l'expérience.

Le même jour, M. G. Lippmann présentait une autre note où il donnait, du problème de la photographie des couleurs naturelles, une solution fondée sur la dispersion prismatique.

La découverte de M. G. Lippmann a suscité, en France et à l'étranger, un grand nombre de travaux sur lesquels M. Ern. Lebon nous renseigne.

Actuellement, grâce au progrès de la technique, la durée de pose ne dépasse pas une minute et les résultats sont beaucoup plus beaux que ceux du début. On peut faire non seulement des paysages, des reproductions de tableaux, des photographies de fleurs, de fruits, d'objets divers, mais aussi des portraits et des photographies d'animaux ; mais, redisons-le, la multiplication des épreuves n'est pas encore pratiquement réalisée.

Il existe toute une littérature qui met à la portée du grand public les origines et les principes de cet art merveilleux. M. Ern. Lebon les signale et nous en donne des extraits qui contiennent, par surcroît, d'intéressants détails sur l'histoire de la photographie. En voici quelques-uns empruntés aux conférences de M. E. d'Huart, professeur à l'athénée de Luxembourg.

C'est à Nicéphore Niepce, né à Chalon-sur-Saône en 1766, que revient l'honneur d'avoir réussi, pour la première fois, en 1824, à fixer d'une manière indélébile et permanente, sur une plaque de zinc recouverte d'une mince couche de bitume de Judée délayé dans l'huile de pied de bœuf, l'image donnée par la chambre noire. L'opticien Chevalier, de Paris, le fournisseur de Niepce, le mit en rapport avec Daguerre qui, lui aussi, depuis plusieurs années, poursuivait la solution du problème abordé avec succès par Niepce. Leur collaboration fut féconde, et les deux chercheurs s'engagèrent par acte notarié, le 14 octobre 1829, à travailler de concert au développement de « l'invention faite par Niepce et perfectionnée par Daguerre ».

Niepce mourut en 1833, et Daguerre poursuivit seul l'entreprise.

Il avait découvert, en commun avec Niepce, la propriété que possède l'iodure d'argent d'être sensible à la lumière. Il s'appliqua dès lors à trouver un procédé pratique pour fixer l'image photographique inscrite sur une plaque d'argent, exposée aux vapeurs d'iode. De continuels insuccès l'avaient mis à bout de patience et de ressources, quand le hasard vint à son secours.

Il avait relégué, dans une armoire où il logeait ses produits, quelques-unes de ses plaques qui n'avaient subi qu'un commencement d'exposition ; quelle ne fut pas sa surprise de les retrouver, quelques semaines plus tard, enrichies de l'image nette, développée et inaltérablement fixée, des objets qu'il avait essayé d'y imprimer. Une capsule remplie de mercure, abandonnée dans la même armoire dans le voisinage de ces plaques, l'amena à penser que le prodige opéré devait être attribué à l'intervention des vapeurs de mercure. Un essai de contrôle justifia cette conjecture : la Daguerréotypie était née.

Aux noms de Niepce et de Daguerre, il faut joindre celui de Talbot qui, vers 1840, inventa le papier sensible et transparent qui permit la multiplication des épreuves.

A la suite de ces succès, les efforts des chercheurs se reportèrent vers la photographie des couleurs qu'ils espéraient dès longtemps réaliser par l'emploi de substances susceptibles de prendre automatiquement la couleur des radiations qui les impressionnent. Les propriétés du sous-chlorure d'argent avaient, à ce point de vue, dès 1810, attiré l'attention de Seebeke ; en 1840, J. Herschel en fit l'objet d'intéressantes recherches ; mais ce ne fut qu'en 1848 que le physicien français, Edmond Becquerel, réussit à obtenir la photographie en couleurs

du spectre solaire, en recevant celui-ci, dans la chambre noire, sur une plaque d'argent exposée préalablement à l'action du chlore : la mince couche de sous-chlorure d'argent qui la recouvrait, n'était donc pas entourée, ni par suite soutenue par une substance transparente telle que l'albumine, la gélatine ou le collodion ; on songeait d'autant moins à recourir à pareil expédient que l'on assimilait la couche sensible de sous-chlorure d'argent à une sorte de « rétine minérale » capable de reproduire photochimiquement et par elle-même le spectre avec toutes ses couleurs. Ce support cependant était essentiel au succès ; on le comprit plus tard ; tous les efforts de Becquerel pour fixer l'image obtenue et lui permettre d'affronter le jour, restèrent sans résultat. Il en fut de même des essais de Poitevin et d'autres qui poursuivirent les expériences de Becquerel, et l'on en vint à ne plus s'expliquer l'origine de ces couleurs fugitives que le fixage effaçait.

En désespoir de cause, une vingtaine d'années plus tard, Charles Cros et Ducos du Hauron eurent l'idée d'appliquer à la photographie le procédé artificiel *des trois couleurs* employé jusque-là en lithographie : c'était s'attaquer à un tout autre problème. Nos lecteurs connaissent la technique et les résultats — nullement à dédaigner — de ce procédé et des procédés similaires imaginés depuis, nous n'y insisterons pas : ils relèvent de l'art plus que de la science pure et n'ont rien de commun avec la reproduction directe et automatique des couleurs naturelles sous l'action de la lumière et sans l'intervention d'une influence étrangère quelconque. C'est ce dernier problème que poursuivait Ed. Becquerel, c'est celui qu'aborda avec infiniment de bonheur M. G. Lippmann et dont la solution valut à son auteur, entre autres honneurs, le *prix Nobel de physique* de 1908.

Nous empruntons au discours — reproduit par M. Ern. Lebon — que prononça en cette occasion M. C. B. Hasselberg, président de l'Académie royale de Suède, les détails suivants qui complètent ceux que nous venons de rappeler.

Dès 1868, une explication de l'origine des couleurs des plaques de Becquerel avait été fournie — non sans soulever bien des objections — par Wilhelm Zenker ; elle fut reprise plus tard et développée par Lord Rayleigt. D'après cette explication, ces couleurs n'étaient pas ce que l'on avait cru d'abord obtenir, des couleurs matérielles, pigmentaires, mais des couleurs virtuelles, analogues à celles dont se parent les bulles de savon et de même origine : elles résultaient d'un phénomène d'interférence produit

par le jeu de la lumière réfléchie par la plaque d'argent et le plan d'argent métallique formé, pendant la pose, au sein de la couche sensible, et qui fonctionnent ici comme les surfaces d'une lame mince d'épaisseur déterminée par la longueur d'onde — et par suite la couleur — de la lumière qui a impressionné la plaque. Les essais de fixage détruisent cette structure lamellaire que rien ne soutient, et, du même coup, font disparaître les couleurs.

Un intérêt théorique considérable s'attachait donc aux expériences de Becquerel. Ce ne fut cependant qu'en 1890 que M. Otto Wiener, par une expérience particulièrement élégante (1) fournit la preuve décisive de la Théorie de Zenker.

On en était là, quand M. G. Lippmann annonça, en 1891, à l'Académie des sciences sa mémorable découverte. Voici, en quelques mots, la technique de son procédé.

Sur une glace plane on étend une couche mince de substance sensible à la lumière, engagée dans un support transparent — albumine, gélatine, etc. — contre laquelle on applique une couche de mercure formant miroir. On expose, à la chambre noire, le côté verre de la plaque tourné vers l'objectif. Pendant l'exposition, la lumière émanée de l'objet que l'on veut photographier traverse la glace, puis la couche sensible au bout de laquelle elle rencontre la surface de mercure qui la renvoie à la rencontre des ondes incidentes suivantes. Ce remous régulier d'ondes incidentes et réfléchies qui interfèrent, forment ce que l'on appelle des *ondes stationnaires*, caractérisées par des *maxima* et des *minima* d'intensité lumineuse, distants les uns des autres d'une demi-longueur d'onde de la lumière incidente et où le travail chimique s'opère très inégalement. Une fois la plaque développée, fixée et séchée par les procédés ordinaires, la couche sensible reste partagée en lames minces au sein du milieu transparent, formées par des plans d'argent réduits, situés dans les régions de travail chimique maximum et dont les distances réciproques dépendent de la longueur d'onde de la lumière incidente, ou, en d'autres termes, de sa couleur, et apte dès lors à la faire réapparaître.

Il suffit, en effet, de regarder la plaque par réflexion, à la lumière blanche, comme on regarde une bulle de savon ou une lamelle de nacre, pour que le jeu de cette lumière, à travers

(1) Voir dans cette Revue, t. XXX (juillet et octobre 1890) l'article de Ph. Gilbert, *Études récentes sur la lumière et ses applications*, notamment le § III, pp. 558-574.

cette édifice lamellaire, prête à chaque région du cliché la teinte de la lumière qui a construit le système interférenciel correspondant à cette région. Il ne s'agit donc pas ici de couleurs pigmentaires mais bien de couleurs virtuelles, de même origine que celle des lames minces, et renforcées par l'existence de plusieurs plans réfléchissants successifs ; ces couleurs sont inaltérables de composition et d'éclat aussi longtemps que reste intacte la structure du cliché.

Il faut admirer à la fois, dans cette brillante conquête, l'heureuse et féconde sagacité du savant physicien qui l'a réalisée, et le travail merveilleux de la nature qui, en dépit des multiples manipulations du cliché et de son séjour dans les bains de fixage et de lavage, ramène, au séchage, les plans d'argent réduit aux distances où ils s'étaient formés pendant la pose, et cela avec une exactitude vraiment merveilleuse.

J. T.

IX

Éléments de topographie, par Edmond Gabriel. Un volume de 575 pages avec 591 figures et XIV planches dont plusieurs en couleurs. — Mame, Éditeur, Tours ; Poussielgue, Paris, 1911.

Cet ouvrage comprend cinq parties intitulées respectivement *Planimétrie*, *Levé des plans*, *Altimétrie*, *Tachéométrie* et *Tracé des voies de communication*. Il se termine par une sixième partie intitulée *Compléments* et renfermant six chapitres traitant respectivement de la télémétrie, des divers genres de levés topographiques, de la résistance des murs, de l'hydrométrie, des règles à calculs, et des formules et tables numériques.

Ces six parties sont précédées de notes historiques et bibliographiques sur la topographie et spécialement sur les topographes français.

Les éléments de topographie de M. Edmond Gabriel s'adressent aux débutants qui ne sont pas familiarisés avec l'analyse mathématique. L'auteur a donc dû s'interdire, il l'annonce du reste dans sa préface, certaines théories très intéressantes basées sur la géométrie analytique et le calcul différentiel et intégral.

Nous ne signalons pas cela comme un défaut de l'ouvrage, puisque ce sera plutôt une qualité pour un certain nombre de

lecteurs, mais afin d'indiquer ainsi quelles sont les questions qui ne sont pas traitées dans l'ouvrage de M. Edmond Gabriel. A part ces questions, nous pouvons dire que le livre contient absolument tout ce qui a trait à la topographie. Les étudiants de nos universités y trouveront une foule de renseignements très utiles, mais que les professeurs sont obligés de passer sous silence d'abord parce que le temps leur manque pour entrer dans tous ces détails, et ensuite parce que leurs auditeurs sont à même de lire sans fatigue et de comprendre d'emblée les ouvrages qui ont été écrits sur ces sujets.

E. G.

X

Chemins de fer funiculaires. Transports aériens, par A. Lévy-Lambert, Ingénieur, Chef des services de l'éclairage et du chauffage du chemin de fer du Nord, 2me édition, revue et augmentée. Un vol. grand in-8° de 526 pages avec 213 fig. (Encyclopédie des Travaux publics). — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

M. Lévy-Lambert s'est fait une spécialité de l'étude des chemins de fer de montagne : En 1908 a paru la 2me édition de son livre sur les Chemins de fer à crémaillère et voici que paraît, remaniée et complètement mise à jour, une 2me édition de son traité des chemins de fer funiculaires dont la 1re datait de 1893.

Depuis cette époque, en effet, le développement de la traction électrique, l'amélioration des modes de freinage et l'importance toujours croissante des transporteurs aériens ont modifié totalement les conditions d'application de la traction funiculaire ainsi que les engins permettant de l'employer. Aussi une refonte de son premier travail s'imposait. L'auteur y a parfaitement réussi, ainsi qu'on pourra s'en convaincre par la lecture du résumé succinct que nous en faisons ci-dessous.

Dans une introduction, M. Lévy-Lambert commence par rappeler que les systèmes à crémaillère s'utilisent pour des chemins de fer à déclivité forte et très longue présentant de nombreuses courbes, tandis que, au contraire, la traction funiculaire trouve son application pour un parcours restreint, une pente extrêmement raide et un tracé de ligne fort peu sinueux.

Il fait ensuite un court exposé historique de la question : Dès

1830 le système funiculaire a été employé pour le transport des voyageurs en Angleterre. En 1840, sur des voies ferrées importantes, plusieurs plans inclinés, entre autres celui de Liége à Ans, étaient exploités par câble. La limite de pente, qui était alors de 31 mm., a été notablement dépassée par la suite ; en 1870 elle était de 500 mm. par mètre pour atteindre en 1908, 700 mm. pour le service des voyageurs et 800 mm. pour celui des marchandises. Toutefois ce système ne s'emploie plus que pour des lignes secondaires.

L'auteur rappelle enfin que c'est en 1873 qu'on appliqua pour la première fois la traction funiculaire par câbles sans fin aux tramways urbains à San Francisco, système qui a reçu depuis de nombreuses applications, mais qui a dû céder cependant devant les avantages de la traction électrique.

M. Lévy-Lambert classe ensuite les divers systèmes de funiculaires de la manière indiquée ci-dessous :

1° *Les funiculaires à mouvement alternatif ;* ce sont ceux dont les véhicules sont attachés à chacune des extrémités des deux brins du câble. Pendant que l'un s'enroule sur le tambour moteur, l'autre s'en déroule. Le caractère distinctif de ce système réside dans le mouvement alternatif du tambour. Ils peuvent eux-mêmes se classer en :

A) *Plans inclinés ascendants,* dans lesquels le mouvement est imprimé par une machine fixe actionnant le tambour-moteur ou des poulies ;

B) *Plans inclinés automoteurs,* qui nécessitent la condition que les wagons descendants entraînent les wagons montants par leur propre poids. Ce système n'est employé que dans les exploitations de mines ou de carrières ;

C) *Plans inclinés à contrepoids d'eau,* où les véhicules portent une caisse qu'on remplit au sommet du plan incliné de manière que le poids de l'eau permette de remonter les véhicules attachés à l'autre brin du câble.

2° *Les funiculaires à câbles sans fin ;* les véhicules sont mis en mouvement par un câble sans fin entraîné à une extrémité du tracé par un tambour-moteur relié à une machine fixe. Ils peuvent se ranger en deux catégories :

A) *les funiculaires à câble aérien,* où le câble repose sur des poulies placées dans la voie. On peut rattacher à cette catégorie les transports par chaîne flottante utilisés exclusivement dans les carrières et les mines ;

B) *les funiculaires à câble souterrain,* système employé pour

les tramways urbains, surtout en Amérique, mais qui ne présentera bientôt plus qu'un intérêt historique, vu sa supplantation par la traction électrique.

3° *Les câbles porteurs.* Dans ce système les véhicules roulent sur un ou plusieurs câbles aériens dont la portée entre appuis peut atteindre jusqu'à 700 mètres. Le système peut être monocâble ou tricâble, automoteur ou non. Il commence à recevoir son application pour le transport des voyageurs.

L'auteur envisage ensuite, dans quatre différents chapitres, chacun des types de funiculaires mentionnés ci-dessus, sauf ceux dits « automoteurs » qui ne rentrent pas dans le cadre qu'il s'est tracé.

Pour chacun de ces types, il expose d'une manière claire et pratique les principes et la théorie du système, les conditions d'établissement en plan et en profil en long, le problème de la traction, le calcul des résistances, etc., et à l'appui de son exposé il décrit les principales applications qu'on a faites du système envisagé. Il étudie ensuite la constitution de la voie, des poulies de support et de la crémaillère éventuelle ainsi que la nature du câble à utiliser.

Les questions relatives aux machines motrices, au matériel roulant et aux différents genres de freins à employer sont traitées également d'une manière approfondie.

Enfin pour chacun des systèmes l'auteur donne une idée des dépenses de premier établissement et des frais d'exploitation.

Sous forme d'annexes, M. Lévy-Lambert fournit encore une série de renseignements utiles qui viennent contribuer à faire de cet intéressant ouvrage un traité didactique complet des chemins de fer funiculaires.

R. V. M.

XI

Travaux maritimes, par A. Guiffart, ingénieur des Ponts et Chaussées (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie scientifique)*. Un vol. in-18 jésus de 358 pages avec 75 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

Les travaux maritimes ont déjà donné lieu à des traités magistraux, parmi lesquels, en France et dans la période con-

temporaine, celui de Quinette de Rochemont, publié en collaboration avec M. l'ingénieur en chef H. Desprez, fait autorité. Un tel ouvrage, dont, au reste, la haute utilité ne saurait être discutée, groupe, en quelque sorte, sous la main du constructeur, tous les renseignements de détail que l'expérience déjà acquise peut mettre à sa disposition en vue de préparer des solutions nouvelles. Mais, en raison même de sa richesse, il ne saurait aisément se prêter à la diffusion des notions essentielles relatives à la matière parmi le grand public curieux de s'instruire sans chercher à pénétrer tous les détails propres seulement à intéresser les spécialistes. Tel est, au contraire, le but que, conformément à l'esprit même de l'*Encyclopédie scientifique,* s'est proposé d'atteindre le petit volume de M. l'ingénieur Guiffart (promu, depuis la publication de ce volume, au grade d'ingénieur en chef).

Après une remarquable introduction où il définit, de façon magistrale, le rôle des ports et des ouvrages maritimes, l'auteur aborde l'examen des divers sujets dont la connaissance préalable est indispensable au constructeur de tels ouvrages : étude des principaux phénomènes naturels qui réagissent sur l'exécution des travaux maritimes ; action de la mer sur les matériaux de construction et sur les procédés de mise en œuvre de ces matériaux ; étude enfin des principales caractéristiques des navires modernes et des conditions pratiques de la navigation.

A la suite de ces prolégomènes, M. Guiffart définit les diverses sortes d'ouvrages maritimes, en indiquant le rôle que chacun d'eux est appelé à remplir, et formule les observations générales auxquelles peuvent donner lieu leurs dispositions et leur tracé. En dépit de leur diversité, on est frappé des vues d'ensemble que l'auteur a su dégager d'une étude méthodique de leur fonctionnement.

Il passe ensuite en revue les principaux types qui s'y rapportent en une suite de chapitres visant les objets que voici : digues et jetées ; appontements et murs de quai ; écluses de navigation ; formes de radoub ; engins de radoub autres que les formes : docks flottants ; portes d'écluse tournantes ; portes roulantes et bateaux-portes ; appareils de manœuvre des engins mobiles des ports.

Un dernier chapitre est réservé à la question capitale des moyens d'entretenir les profondeurs dans les ports.

Tout en s'attachant à mettre en relief les idées générales ayant trait aux diverses catégories d'ouvrages maritimes, l'auteur, par

une pente toute naturelle de son esprit, s'est trouvé entraîné à développer plus spécialement ce qui se rapporte aux ouvrages dont le service où il s'est si hautement distingué, au port du Havre, lui a plus particulièrement donné l'expérience.

Cette remarque n'a pas échappé à M. l'ingénieur en chef de Joly qui, jugeant le livre, avec sa compétence incontestée, dans les Annales des Ponts et Chaussées (1), n'hésite pas à appeler « particulièrement l'attention sur les chapitres qui traitent des écluses de navigation et des formes de radoub ainsi que de leur mode de fermeture ».

Et il ajoute : « On y trouvera résumés en quelques pages les éléments essentiels de ces ouvrages capitaux ; il n'existe à notre connaissance aucun livre français ou étranger où les données actuelles de la théorie et de l'expérience à leur sujet soient présentées d'une manière aussi complète et sous une forme aussi claire dans sa concision. »

Cela tend à indiquer qu'en dépit de son caractère de compendium propre surtout à répandre dans la masse du public les notions générales relatives au sujet dont il traite, le livre de M. Guiffart ne laisse pas d'être aussi d'un sérieux intérêt pour les spécialistes. Et c'est encore ce qu'a voulu marquer M. de Joly en disant : « Tous les ingénieurs qui s'intéressent aux questions maritimes liront avec fruit et agrément le petit livre de M. Guiffart et beaucoup d'entre eux, après l'avoir lu, le rouvriront pour le consulter. »

P. C. M.

XII

L'Artillerie dans la bataille, par le Colonel J. Paloque (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 453 pages. — Paris, Doin, 1912.

Voilà, semble-t-il *a priori*, un titre qui sent bien la poudre pour figurer au sein d'une collection d'ouvrages scientifiques. De fait, il paraît bien que le nouveau volume du Colonel Paloque déborde un peu le cadre primitivement fixé à la Bibliothèque

(1) Mai-juin 1911, p. 721.

dont il fait partie. Mais cette extension de cadre s'explique aisément ; on peut même dire qu'elle était à peu près fatale ; et sa justification ressort des lignes suivantes que le Directeur de la dite Bibliothèque s'est trouvé amené à ajouter à l'Introduction générale de cette Bibliothèque, après y avoir institué deux sections relatives l'une à l'Art militaire, l'autre à l'Art naval :

« Parmi les applications de la mécanique aux diverses techniques, celles qui concernent l'Art militaire et l'Art naval ont une importance et une ampleur particulières. C'est pourquoi on a jugé à propos de leur consacrer, dans la Bibliothèque, des sections spéciales. D'autre part, il a semblé opportun, du moment que le cadre de la Bibliothèque embrassait les engins que la mécanique met à la disposition de l'Art de la guerre, de ne pas passer sous silence l'emploi rationnel que la tactique moderne enseigne à faire de ces engins en vue de leur utilisation la plus favorable.

» Ainsi que l'a remarqué un distingué collaborateur de cette partie de l'Encyclopédie (1), l'évolution de la tactique et celle de la technique obéissent parallèlement à des lois générales ayant un caractère vraiment scientifique. Il a donc paru naturel, dans une collection du genre de celle-ci, d'aborder, à côté de la description technique et de la théorie mécanique des engins de guerre, l'étude rationnelle de leur emploi tactique, ce qui explique l'introduction, dans le plan général de la Bibliothèque, de quelques volumes qu'on pourrait, *a priori,* être un peu surpris d'y rencontrer si on ne les considérait qu'isolément, indépendamment du lien qui les soude à d'autres volumes dont la place est nécessairement marquée au sein de cette Bibliothèque. »

Ce dernier membre de phrase vise évidemment, et de façon très directe, le nouveau volume du Colonel Paloque, complément en quelque sorte obligé du précédent qui avait un caractère plus strictement technique (2).

Au reste, la tournure philosophique des vues de l'auteur, le souci qu'il a de grouper les questions dont il s'occupe suivant une ordonnance rationnelle, confèrent à son exposé le « caractère scientifique et positif d'un enregistrement d'acquis, que réclame toute œuvre présentée par l'Encyclopédie ».

(1) Le Colonel Paloque, dans l'*Avant-propos* (p. 10) de son *Artillerie de campagne.*

(2) Voir le Compte rendu de ce premier volume dans la REVUE de janvier 1909, p. 289.

Ayant, par ces mots, défini la tendance qui l'a guidé dans l'élaboration de son ouvrage, il ajoute, dans son Avant-propos :

« Au lecteur soumis à une stricte discipline rationnelle, au lecteur sans idées préconçues, encore indépendant et que son éclectisme rend respectueux des opinions logiques, nous espérons fournir un solide fil conducteur pour le guider vers la clarté.

» Il sera frappé, sans nul doute, de la simplicité réelle de questions dont la complication apparente décourage actuellement tant de bonnes volontés.

» Il saura la part qui, dans la lutte, revient au nombre des combattants et des machines, et celle qui appartient à la science, au jugement, à l'intelligence, à la volonté et à l'habileté.

» Ce livre est fait pour lui. »

Nous ajouterons qu'il est fort bien fait, et d'une lecture très attachante. Mais son caractère très spécial ne nous permet pas, dans un recueil tel que celui-ci, d'en faire l'objet d'une analyse détaillée. Nous nous bornerons à en indiquer les grandes divisions qui sont les suivantes :

I. — Les caractéristiques tactiques de l'Artillerie.

II. — Comment l'Artillerie marche dans la bataille.

III. — L'appel à l'Artillerie, sa venue, son installation et ses apprêts.

IV. — La liaison des armes et l'organisation du commandement.

V. — La bataille.

On a déjà beaucoup écrit — trop peut-être — sur la question de l'Artillerie de campagne, et la multiplicité des ouvrages ayant trait à cette question a fini par déconcerter les lecteurs qui s'y intéressent, voire les officiers qui sont tenus professionnellement d'en acquérir une connaissance approfondie.

Les uns, embarrassés en face d'une telle abondance, en arrivent à renoncer à savoir ; les autres, en s'efforçant de tout lire, finissent par être rebutés ; tous risquent également de voir leurs idées devenir de plus en plus confuses.

Aussi est-ce un véritable service que le Colonel Paloque rend à tous ces lecteurs en reprenant pour eux la question *ab ovo* afin de la leur présenter sous une forme non moins accessible à tout lecteur cultivé qu'à l'officier spécialisé.

Les trois premiers chapitres exposent, à la manière de l'auteur, les idées en honneur à l'École de Guerre ; mais le quatrième, qui est d'importance capitale, appartient bien en propre au Colonel

Paloque dont l'exposé est aussi éloigné que possible des redites que l'on a mille fois lues ou entendues sur le sujet.

Le dernier chapitre montre enfin ce que peut être à l'œuvre une artillerie parfaite, conduite sans défaillance d'aucune sorte. Il est, au reste, remarquable que pour nous en donner le spectacle, l'auteur, au lieu de nous transporter sur un théâtre hypothétique, nous conduise sur celui-là même où se sont déroulées les tragiques journées de 1870 ; et par là, pour fictif qu'il soit, son exposé semble tirer son intérêt de la plus poignante réalité.

On peut prédire à ce nouveau volume un succès au moins égal à celui qui a accueilli le précédent uniquement consacré au côté technique de la question.

L. C. G.

XIII

Probabilité du Tir. *Théorie et application au tir de l'infanterie et de l'artillerie,* par le capitaine d'artillerie S. Burileano, de l'armée roumaine, docteur ès sciences mathématiques de l'Université de Paris (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie scientifique).* Un vol. in-18 jésus de 258 pages avec 60 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1911.

Dans son volume sur l'*Artillerie de campagne,* faisant partie de la même collection (1), le colonel Paloque a résumé en une vingtaine de pages les principes tout à fait essentiels de la théorie des probabilités qu'il est indispensable de connaître pour l'application qu'en comporte le tir du canon. Mais il était souhaitable que le sujet fût repris dans l'*Encyclopédie scientifique* avec tous les développements pouvant intéresser ceux qui veulent pousser à fond une étude de ce genre. C'est à ce desideratum que vient satisfaire le volume du capitaine Burileano. Après avoir suivi, au titre étranger, les cours de l'École Polytechnique de Paris et conquis, en Sorbonne, le grade de docteur ès sciences mathématiques, l'auteur est retourné dans son pays où sa haute culture scientifique n'a pas tardé à le faire nommer professeur à l'École d'application de l'Artillerie et du Génie de

(1) Voir le compte rendu de cet ouvrage dans la Revue (janvier 1909, p. 289).

Bucarest. Il s'est dès lors spécialement adonné à l'étude des applications du calcul des probabilités aux problèmes du tir et s'est ainsi trouvé particulièrement qualifié pour doter l'*Encyclopédie scientifique* du volume en question.

Après un rappel très succinct des notions de mathématiques (algèbre, géométrie analytique, analyse) indispensables à la pleine intelligence de la suite, rappel qui tient en une quinzaine de pages, l'ouvrage comprend trois parties désignées par les titres de *Partie abstraite, Partie concrète* et *Applications*.

La *Partie abstraite* comprend les principes fondamentaux sur lesquels repose la théorie des probabilités : probabilité totale, probabilité composée, probabilité des causes, probabilité des épreuves répétées, ce dernier principe conduisant au théorème capital de Bernoulli qui peut être regardé comme la pierre angulaire de tout l'édifice. Cette première partie s'adresse, est-il besoin de le dire ? non seulement aux artilleurs en vue de qui elle a surtout été écrite, mais encore à tous ceux qui ont à recourir au calcul des probabilités en vue de l'une quelconque des questions qui relèvent de ses lois : jeux de hasard, paris, erreurs d'observation, variations des éléments physiques, phénomènes démographiques, assurances, statistiques, etc.

La même observation peut être renouvelée à l'occasion de la *Partie concrète* qui a pour but d'enseigner les moyens de tirer d'une série d'expériences la probabilité des résultats à attendre du renouvellement des mêmes expériences dans des conditions identiques, et que dominent les célèbres lois de Gauss. L'auteur envisage, en fait, la question du point de vue qui convient aux fins qu'il se propose, en examinant successivement les lois auxquelles satisfont les écarts en portée, la dispersion des points de chute, la distribution des points d'éclatement dans l'espace ; mais il suffit de substituer aux termes particuliers résultant du choix de l'application visée ceux qui se réfèrent à la théorie générale des écarts à un, deux ou trois paramètres, pour que, sans aucun autre changement, les développements donnés dans le livre embrassent toute cette théorie, indépendamment de la forme particulière dont on peut la revêtir suivant l'objet spécial qu'on se propose.

C'est dans la troisième partie que l'auteur aborde l'étude expérimentale et la pratique des tirs tant d'artillerie que d'infanterie. Des principes théoriques précédemment établis il déduit la solution de tous les problèmes pratiques qui se posent à l'occasion soit du tir percutant ou du tir fusant du canon, soit

du tir du fusil. Tous ces problèmes, traités avec des données numériques, fournissent des modèles que le praticien n'aurait, en quelque sorte, qu'à calquer pour se tirer d'affaire dans un cas quelconque.

Dans une note qui termine le volume, l'auteur montre encore comment les principes du calcul des probabilités peuvent conduire à des moyens de contrôle très efficaces pour la surveillance des fabrications d'objets produits par séries comme sont les balles et les cartouches.

L'exposé, très solide pour le fond, de M. le capitaine Burileano, est, dans toutes ses parties, d'une clarté parfaite, et écrit dans une langue qui, à aucun moment, ne laisse soupçonner qu'elle n'est point celle-même de l'auteur.

L. C. G.

XIV

Descartes. Sa Vie et ses Œuvres (Étude historique), par Charles Adam. Supplément à l'édition de Descartes publiée sous les auspices du ministère de l'Instruction publique. Un vol. grand in-4° carré de xix-646 pages et 6 gravures ou photogravures. — Paris, librairie Léopold Cerf, 1910.

La couverture de cet ouvrage porte le numéro d'ordre XII : c'est qu'en effet on le considère comme faisant corps avec la publication des œuvres de Descartes en onze volumes, dont nous avons précédemment rendu compte dans cette Revue (1). Il nous semble qu'on avait annoncé le complément de la publication des œuvres du philosophe par la réimpression de sa *Vie* par Baillet. M. Adam rend en fort bons termes hommage à cet ouvrage, « dont, dit-il, bien des pages ont été découpées pour être mises, chacune à sa place, au cours de la correspondance et des œuvres, et la majeure partie du reste se trouve insérée dans ce tome XII ». M. Adam ajoute que Baillet avait rempli en conscience son devoir de biographe, s'adressant de toutes parts à qui pouvait le renseigner. Mais M. Adam lui adresse un reproche qui l'a évidemment décidé à reprendre son œuvre : « L'écrivain, dit-il, était prêtre, l'abbé Baillet, futur

(1) Avril 1898, juillet 1899, juillet 1900, octobre 1901, juillet et octobre 1903, janvier 1907, octobre 1908 et juillet 1910.

auteur des *Vies des Saints*, et il écrivait, n'oublions pas la date, aux environs de 1690, c'est-à-dire au plus fort de la réaction religieuse du règne de Louis XIV. Descartes était fortement suspect : n'avait-il pas été condamné à Rome ? Le pieux biographe s'applique manifestement à le réhabiliter et à présenter son philosophe comme un bon catholique, croyant et pratiquant, dont il exagérerait plutôt la religion. Il en dit trop à cet égard, et les protestants réfugiés en Hollande n'ont point manqué d'en faire la remarque. M. Baillet, ont-ils dit, a fait de Descartes presqu'un dévot. »

M. Adam n'avait pas besoin de dire que, dans son œuvre, on ne trouverait pas les mêmes préoccupations, et nul n'aurait eu à s'en choquer ni à le regretter ; mais on y trouve, à un rare degré, des préoccupations contraires. Sans doute, il ne cherche pas à dissimuler les marques nombreuses données par Descartes de son attachement à la religion catholique ; mais il le fait toujours avec une ironie non dissimulée, marquant nettement que tout lui paraît dissimulation des véritables sentiments du philosophe.

On doit sans doute reconnaître que le recours au bras séculier pour maintenir l'intégrité de la foi et le vif désir de Descartes de voir sa philosophie s'introduire dans l'enseignement, sont de nature à rendre plus ou moins suspectes certaines timidités que Mersenne jugeait exagérées ; mais il y a loin de là à juger tout faux dans les manifestations du catholicisme de Descartes. M. Adam dit, dans son Appendice XV, que « chaque génération (la nôtre comme les précédentes) se figure toujours (en dépit de la vérité historique) un Descartes à sa propre image et ressemblance » : se considérant évidemment comme éminemment représentatif de notre génération, il a tenu à nous donner un Descartes aussi peu croyant que lui-même. Que serait-il arrivé si la mort n'avait pas enlevé l'un des deux éditeurs, M. Paul Tannery, dont la mentalité, à ce point de vue, différait sensiblement de celle de son collaborateur ? peut-être, faute de pouvoir établir un compromis acceptable, nous eût-on donné le texte de Baillet, sans prétendre refaire un Descartes à la ressemblance du XXe siècle.

Quoi qu'il en soit, un prêtre qui fait preuve de plus de liberté d'esprit que M. Adam, le P. Laberthonnière, vient précisément de publier une étude des plus pénétrantes sur « la Religion de Descartes » (1), et il l'a terminée, ou mieux fait suivre, par une

(1) ANNALES DE PHILOSOPHIE CHRÉTIENNE de juillet, août et septembre 1911.

critique de l'œuvre de M. Adam à ce point de vue. Nous ne saurions entrer dans une discussion détaillée ; mais, avec le P. Laberthonnière, nous voudrions nous arrêter devant l'argument tiré de deux lettres découvrant franchement la pensée de Descartes, d'après M. Adam. Donnons d'abord la parole à celui-ci : « Quels étaient au fond les sentiments intimes du philosophe ? A deux reprises, dans des lettres privées (lettres de condoléance, il est vrai, et à des huguenots, auxquels il ne pouvait guère tenir un autre langage), il découvre franchement sa pensée. A la hauteur intellectuelle et morale où ce grand esprit s'était élevé, peu importait le culte où il se trouvait engagé du fait de sa naissance et de son éducation : il garda toute sa vie le même, parce qu'en vérité c'était là quelque chose d'extérieur, qui tenait surtout aux circonstances, et ne valait pas la peine qu'on le changeât » (1). Notons d'abord un singulier mélange de sincérité et d'idée fixe, qui fait trouver l'expression franche de la pensée d'un homme dans des lettres où l'on déclare soi-même qu'il ne pouvait guère tenir un autre langage.

Mais il y a plus : les lettres invoquées ne contiennent rien que ne puisse avouer un catholique. Écrivant à Pollot, qui venait de perdre un frère, Descartes disait : « Il n'y a aucune raison ni religion qui puisse faire craindre mal après cette vie à ceux qui ont vécu en gens d'honneur ; au contraire, l'une et l'autre leur promet joie et récompense. » « N'est-il pas clair, dit le P. Laberthonnière, que ceci n'est rien de plus que l'idée courante, admise par tout le monde, à savoir que ceux-là seront sauvés qui auront sincèrement cherché la vérité et voulu le bien ? Idée qui se trouve dans S. Paul, que S. Thomas formule lui-même à sa manière, dans un texte souvent reproduit, et qui n'implique nullement indifférence relativement aux croyances positives ou aux pratiques du culte. »

Dans l'autre lettre adressée à Huygens dans une circonstance semblable, Descartes énonce « qu'il ne peut concevoir autre chose de la plupart de ceux qui meurent, sinon qu'ils passent dans une vie plus douce et plus tranquille ». Après cette citation, M. Adam ajoute : « Et qui lui donne cette assurance ? La foi ou la raison ? Toutes deux apparemment. Mais il avoue ici ce qu'il appelle « son infirmité » : bien qu'il ait la volonté de croire, et que même il croie très fermement tout ce qui lui est enseigné par la religion, « les choses dont il est persuadé par des raisons

(1) Page 553.

naturelles le touchent, dit-il, bien plus que celles que lui enseigne la foi seulement ». Le philosophe l'emporte donc sur le croyant ; s'il est persuadé de la vie future (une vie surtout bienheureuse, comme le pensait Socrate dans l'antiquité), ce n'est pas tant comme chrétien ou catholique et parce qu'il a confiance en la révélation : c'est comme penseur, et parce qu'il s'est démontré à lui-même que l'âme est distincte du corps et ne meurt pas tout entière avec lui ».

Ainsi parle M. Adam ; sur quoi le P. Laberthonnière fait justement remarquer que celui-ci n'aurait pas tiré cette conséquence s'il s'était seulement souvenu que tous les théologiens admettaient que l'immortalité de l'âme, ainsi que l'existence de Dieu et d'autres vérités essentielles à la religion, pouvait être démontrée par la raison, sans pour cela laisser le philosophe l'emporter en eux sur le croyant. Il y a bien ce que Descartes appelle son infirmité, qu'il dit du reste lui être commune avec la plupart des hommes ; mais S. Thomas n'enseigne-t-il pas qu'il vaut mieux *savoir* la vérité que la *croire* ? Descartes n'a pas dit autre chose.

Les arguments positifs de M. Adam sont donc plus que faibles. Mais il reste que Descartes ne se montre pas occupé de la religion dans sa vie proprement intellectuelle et que même l'idée de Dieu et en général toute la métaphysique, après avoir été placées à la base de la philosophie, ne jouent plus grand rôle dans la suite de ses méditations.

Il nous semble que le P. Laberthonnière a bien su reconnaître ce qu'était la religion pour Descartes. Pénétré de la théorie courante de l'extrinsécisme qui suppose que l'homme, dans son rapport avec Dieu, n'est qu'une réceptivité passive, il voyait dans la religion quelque chose en quoi « les plus idiots et les plus simples... peuvent aussi bien réussir que les plus subtils » ; de telle sorte que la tâche de savoir le monde se trouvait préconisée comme la tâche vraiment et pleinement humaine, comme celle où il appartient à l'homme de mettre en œuvre ses capacités d'homme et de triompher par elles. Si donc Descartes n'a traité des questions religieuses que pour s'en débarrasser, ce ne fut point qu'il cherchât à se débarrasser de la religion, mais c'est qu'il désirait en avoir le bénéfice dans le temps et dans l'éternité, sans avoir à s'en occuper ici-bas et afin de s'occuper d'autre chose. « Il fut — et c'est ainsi, dit le P. Laberthonnière, que finalement nous pourrions le caractériser — un croyant sincère mais banal qui aurait voulu

se contenter de dire : je crois ce qu'enseigne mon curé, sans plus y réfléchir, et qui fut ennuyé toute sa vie d'avoir à fournir là-dessus des explications. »

Sur ce point, son plus illustre disciple, Malebranche, ne lui ressembla guère ; mais est-ce une raison suffisante pour voir, dans la philosophie de celui-ci, une déviation de la doctrine de Descartes, comme le dit M. Adam (1) ? Tout au moins conviendrait-il de noter combien à tous autres égards la pensée du grand oratorien est fidèle à l'esprit de son maître et, ajouterons-nous, combien cet esprit se laisse facilement, et sans se dénaturer, pénétrer par une inspiration profondément religieuse.

Nous ne saurions entrer dans l'examen de tous les détails qui montrent l'attachement réel de Descartes à la religion catholique, et nous nous bornerons à donner la nomenclature des pages où l'on trouve quelque chose se rapportant à ce sujet. Ce sont les pages 26, 49, 56, 63, 69, 103, 144, 286, 306, 364, 416, 421, 442, 517, 546, 552, 600, 603, 610.

Si nous ne pouvions songer à passer en revue tout ce qui touche à la religion de Descartes, à plus forte raison ne saurions-nous donner un résumé de tout l'ouvrage, et du reste, en le faisant, nous tomberions dans de nombreuses redites avec ce que nous avons exposé à l'occasion des divers volumes des œuvres de Descartes. Nous n'allons que relever quelques détails qui ont particulièrement attiré notre attention. En ce faisant, nous courrons risque de donner une fausse impression sur notre sentiment à l'égard de l'ensemble de l'œuvre de M. Adam, qui est un travail très sérieux et très précieux. On ne devra pas perdre de vue cette déclaration d'ensemble, sans laquelle nos critiques donneraient une très fausse impression.

A propos de la religion, nous avons vu combien certains jugements de M. Adam dénotent une connaissance insuffisante de l'enseignement des théologiens ; on peut se demander si la philosophie aristotélicienne lui est plus familière. Parlant de la définition du mouvement donnée dans les *Principes de la Philosophie*, il fait bien voir combien elle semble inspirée par le désir de pouvoir enseigner la rotation de la terre autour du soleil tout en la proclamant en repos ; mais il ne signale pas que c'est précisément la définition adoptée par les péripatéticiens. Or c'est là un détail du plus vif intérêt, car, si cette définition avait été de l'invention de Descartes, elle eût pu justement être prise pour une

(1) Page 97.

mauvaise plaisanterie, tandis que, empruntée aux péripatéticiens, elle constitue un coup de maître, plein d'adresse, sinon un argument sérieux. M. Duhem a fait ressortir combien Descartes s'est attaché étroitement à la doctrine d'Aristote. « Le lieu d'un corps, dit celui-ci, ne peut pas être autre chose que la partie immédiatement contiguë à ce corps du milieu qui l'environne » (1). « Si l'on s'en tient fermement à cette définition, dit M. Duhem, que sera le mouvement local en vertu duquel, aux divers instants de la durée, un corps se trouve en des lieux différents ? Il consistera en ceci que le mobile sera enveloppé par certains corps à un certain instant, et par d'autres corps à un autre instant ; selon la définition qu'en donnera Descartes (*Les Principes de la Philosophie,* IIe partie, art. 26), il sera le transport d'une partie de la matière ou d'un corps du voisinage de ceux qui le touchent immédiatement... dans le voisinage de quelques autres » (2).

Qui ne voit dès lors que, si la terre est emportée par un tourbillon autour du soleil, sans quitter ce tourbillon, un fidèle aristotélicien devra la proclamer immobile ? A ne pas signaler ce rapprochement, on fait perdre à l'habileté de Descartes toute sa saveur.

Au point de vue de l'origine des théories physiques explicatives, M. Adam nous paraît singulièrement forcer la signification de certaines paroles de Descartes et les pousser sans motif jusqu'à l'absurde. Parlant de son explication des propriétés de l'aimant au moyen des parties striées (Descartes dit plutôt *cannelées*) de la matière subtile, parties tournées en vis les unes dans un sens et les autres dans l'autre, M. Adam remarque ironiquement : « Nous n'oserions jurer que Descartes, en imaginant une telle cause, ne pensait point par avance aux effets qu'elle devait expliquer » (3). A première lecture, cette remarque paraît bien surprenante, car d'ordinaire on imagine des théories explicatives en vue d'expliquer des phénomènes déjà connus. Il est vrai que, si l'on se reporte au texte des *Principes,* on se rend compte de ce qui a induit M. Adam à parler ainsi. Au n° 145 de la 4me partie, on lit en effet : « Et toutes ces choses suivent si clairement des principes qui ont esté cy-dessus exposez, que je ne laisserais pas de juger qu'elles sont telles que je viens de dire, encore que je

(1) Φυσικῆς ἀκροάσεως το Δ, δ.

(2) *Le Mouvement absolu et le Mouvement relatif* in Revue de Philosophie de septembre 1907, p. 229.

(3) Page 394.

n'aurais aucun égard aux proprietez qui en peuvent estre déduites ; mais j'espère maintenant faire voir que toutes celles de ces proprietez que les plus curieuses experiences des admirateurs de l'aymant ont pû découvrir jusques à présent, peuvent si facilement estre expliquées par leur moyen, que cela seul suffirait pour persuader qu'elles sont vrayes, encore qu'elles n'auraient point esté déduites des premiers principes de la nature » (1).

Prises au pied de la lettre, ces paroles donneraient en effet à penser que Descartes a posé ces premiers principes sans avoir aucun égard aux propriétés de l'aimant ; mais, si nous nous reportons là où Descartes établit l'hypothèse des parties cannelées et de leur mouvement dans les tourbillons, avec la particularité des parties tournées en coquille en deux sens différents, nous le voyons immédiatement ajouter que c'est principalement de cette particularité que dépendent les forces de l'aimant (2).

Ceci nous paraît bien montrer que Descartes ne prétend point s'être isolé du monde quand il a posé ses hypothèses sur la constitution de la matière, ce qui eût été ridicule, mais seulement ne s'être pas appuyé sur tout le détail des propriétés de l'aimant qu'il prétend expliquer ensuite au moyen de ces hypothèses.

Nous devons mentionner une rectification faite par M. Adam à la date qu'il avait attribuée à une lettre de Mersenne à Sorbière : au lieu de 5 novembre 1646, il faudrait dire 5 novembre 1647. Cette lettre, qui parle de la réconciliation de Descartes et de Gassend, traite aussi de la question des discussions sur le vide. Après avoir établi la date de 1647, M. Adam conclut : Donc la lettre de Mersenne à Sorbière est bien du 5 novembre 1647 et non pas 1648.

Or c'était bien 1646 qu'il avait indiqué au tome IV de la *Correspondance* (p. 515) et non 1648 ; du reste, Mersenne était mort le 1er septembre 1648 (voir p. 472). On ne peut voir dans cette date de 1648 qu'une faute d'impression, non signalée aux errata, mais il faut reconnaître qu'elle est indispensable pour donner sa valeur à la phrase suivante : « Cette rectification, qui ne saurait être mise en doute, ne nous sert pas seulement à mieux dater la réconciliation de Descartes et de Gassend : elle donne aussi une valeur singulière, nous le verrons, à cette même lettre de Mersenne, comme document décisif pour déterminer le rôle de Descartes et de Pascal dans la grande expérience du Puy-de

(1) Tome IX, 2e partie, p. 280.
(2) 3e partie, n° 91, p. 155.

Dôme » (1). En réalité, il ne nous semble pas que ce rôle soit nettement établi, et du reste M. Adam reconnaît que l'on ne saurait dire si c'est Descartes ou Mersenne qui a eu l'idée de cette expérience ; mais il semble bien vraisemblable que, dans un cas comme dans l'autre, l'idée a été suggérée à Pascal : c'est, semble-t-il, également la conclusion des belles études données sur ce sujet par le P. Thirion dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.

Avant de clore ce coup d'œil sur l'œuvre de M. Adam, nous voudrions dire quelques mots de son illustration. En tête, se trouve une reproduction, gravée par Achille Jacquet, du portrait du Louvre, attribué à Frans Hals. Après avoir dit que cette attribution est de moins en moins sûre (p. XV), M. Adam signale plus loin (p. 546 en note) un argument en faveur de la dite attribution : Baillet dit que son ami Bloemart avait obtenu de Descartes qu'il fît faire son portrait avant de quitter la Hollande ; or, Bloemart étant curé de Harlem, quoi de plus vraisemblable qu'on se soit adressé au grand peintre de cette ville ? En tout cas, l'auteur de ce chef-d'œuvre nous semble avoir été un digne émule de Frans Hals.

Un autre portrait paraît être celui que l'abbé Picot rapporta de son premier voyage en Hollande, en 1642. Il appartenait à l'abbé Le Monnier, curé de Saint Ferdinand des Ternes, aujourd'hui décédé, qui, en 1904, autorisa M. Adam à le faire graver, également par Achille Jacquet. Cette gravure, placée entre les pages 74 et 75, nous montre un Descartes jeune, de physionomie plus douce que celle que montre le portrait du Louvre.

Un portrait, dessiné d'après nature par Frans Schooten, le fils, en 1644, fut gravé en 1659 pour la traduction latine de la *Géométrie* (2e édition). Descartes n'avait pas voulu le voir figurer dans la 1re édition, bien qu'il le trouvât fort bien, écrivait-il à l'auteur. Plus tard, Huygens le déclara bien mal fait, ce qui est aussi l'avis de M. Adam, que nous ne contredirons pas. Il est reproduit entre les pages 358 et 359.

Enfin un portrait, qui serait dû à David Beck, hollandais élève de Van Dyck, peintre de la reine Christine, a été retrouvé récemment en Suède d'où une copie a été envoyée à Paris, laquelle figure dans la grande salle de la Bibliothèque de l'Institut. Une photographie fut adressée à M. Adam, qui en a inséré une reproduction entre les pages 546 et 547. C'est, nous

(1) Note C des pages 448 et 449.

semble-t-il, une œuvre bien déconcertante, qui ressemble peu aux autres portraits et attribue au philosophe une physionomie bien plus jeune que celle du Louvre, bien qu'elle doive lui être postérieure et avoir précédé de peu la mort de Descartes. On peut l'expliquer, comme le fait M. Adam, en disant que c'est Descartes à la cour, en représentation, et non le philosophe.

Deux autres photogravures complètent l'illustration, une reproduction d'un dessin du temps, qui appartient à la reine-mère Emma et représente le pavillon qu'habita Descartes, en 1635, près d'Utrecht, sur le Maliebaan ; la reproduction est insérée entre les pages 124 et 125. Enfin, entre les pages 268 et 269, se trouve le fac-simile d'une page d'une lettre adressée à Mersenne le 4 mars 1641, lettre appartenant à la Bibliothèque Nationale.

En terminant ce compte rendu assez maussade, nous tenons à répéter que les critiques qu'il contient ne prétendent aucunement nier la valeur et l'intérêt de l'œuvre de M. Adam. En tout cas, tous lui resteront reconnaissants, ainsi qu'à Paul Tannery, d'avoir consacré tant de labeur à nous donner une édition de Descartes digne de notre grand philosophe.

Ajoutons enfin l'expression d'un vœu et d'un regret : en tête de sa Préface, M. Adam dit qu'après le tome XI il ne manquait à l'édition des œuvres de Descartes qu'un Index général des matières, et il ajoute : nous nous réservons d'ailleurs de le publier séparément. Notre vœu est qu'il n'oublie pas cet engagement ; notre regret est qu'il s'agisse d'une publication séparée, car l'édition elle-même restera incomplète.

G. Lechalas.

XV

Œuvres choisies d'Émile Cheysson, tome II. Un vol. in-8° de 411 pages. — Paris, Arthur Rousseau, éditeur, 1911.

Ainsi qu'il avait été annoncé, l'année 1911 n'était pas terminée, quand parut le tome II et dernier des *Œuvres choisies* d'Emile Cheysson (1). Ce volume s'ouvre par l'exposé de son

(1) Voir le compte rendu du tome I dans la Revue des questions scientifiques d'octobre 1911, p. 635.

Testament Social, que celui-ci fit, le 29 mars 1909, à une réunion de la Ligue Nationale contre l'Alcoolisme, dont il venait d'être nommé président d'honneur après dix années de présidence effective. C'est le résumé de sa vie et de ses principes directeurs.

Ces principes sont au nombre de trois : l'amour, la paix et l'optimisme. L'amour, sans lequel l'argent sème l'humiliation, l'irritation et la haine, « est plus fort que la mort », d'après les livres saints. La paix, principe favori de son maître Le Play, a été promise comme la suprême récompense aux hommes de bonne volonté ; les œuvres sociales offrent précisément une oasis où ne souffle pas le vent des divisions : on peut s'y donner la main de quelque coin de l'horizon qu'on arrive, sans acception de divisions politiques et religieuses, pour collaborer ensemble à une œuvre de patriotisme et d'humanité. L'optimisme enfin est la condition de la force.

Muni de ces trois principes, Cheysson, suivant les conseils de Le Play, se fit le champion de la famille, cette véritable molécule sociale qui, depuis un siècle, est dans notre pays, comme dans beaucoup d'autres, en butte à l'assaut combiné des lois et des mœurs. Pour travailler à l'organisation de l'hygiène sociale, pour remédier aux défaillances de la famille et combattre les fléaux qui la menacent ou l'atteignent, il comprit dans le programme de son action les œuvres suivantes :

La guerre au taudis, l'enseignement ménager, le repos du dimanche, la lutte contre la tuberculose et l'alcoolisme, la mutualité sous sa forme familiale, la lutte contre le chômage à l'aide de l'assistance par le travail, le patronage vis-à-vis des libérés, la lutte contre l'exode des champs, la lutte contre la mortalité infantile.

Cheysson ne tarda pas à s'apercevoir que ces diverses œuvres, qui doivent être entreprises par des groupements distincts, doivent entrer en collaboration intime, en sorte qu'indépendamment des groupements d'œuvres similaires, il est besoin d'une fédération du second degré, groupant les organisations dirigées contre les divers fléaux : telle est la raison d'être de l'*Alliance d'hygiène sociale*, sur laquelle s'est porté le principal effort de Cheysson.

Peut-être est-il fâcheux qu'on n'ait pas réservé toute la place au développement de ce programme fondamental et qu'on ait reproduit des conférences sur le Rôle social de l'Ingénieur, sur le Capital et le Travail, sur le Patron. Ce sont là assurément des

allocutions de grande valeur, mais où les généralités dominent trop. De ces aperçus d'ensemble nous n'eussions sans doute conservé que la leçon d'ouverture du *Cours d'Économie politique* professé à l'École libre des sciences politiques, ainsi que la communication faite à l'Académie des Sciences morales et politiques sur Le Play, au moment où l'on se préparait à fêter le centenaire de sa naissance.

Par ces élagages, regrettables assurément, on eût acquis la possibilité de reproduire certaines œuvres, citées seulement, où les problèmes sont naturellement serrés de plus près que dans les conférences et allocutions qui composent la presque totalité du volume.

Quoi qu'il en soit de ce regret, nous espérons qu'on verra le profond intérêt de ces allocutions que nous semblons déprécier.

Avant d'ailleurs d'entrer dans l'examen de quelques-unes des questions spéciales qui y sont traitées, jetons un coup d'œil sur l'inspiration qui partout anime Cheysson et qu'il a précisée dans l'étude datée de 1904 et ayant pour titre : *la Famille, l'Association, l'État.*

Après avoir nettement marqué qu'il n'entend point heurter l'Association libre contre l'État et les mettre aux prises dans une sorte de duel à mort, il déclare ne pas admettre qu'il n'y ait pas de place entre « le Tout à l'État » et le « Rien à l'État » ; puis il pose la règle suivante : Pour un service déterminé, il convient de recourir à l'organe élémentaire qui lui est exactement adapté, et l'on ne doit faire appel à un organe supérieur que lorsqu'on sera convaincu que celui qui le précède immédiatement dans la hiérarchie des associations est insuffisant pour cette tâche.

« On commencera donc par s'adresser à la famille ; puis, si elle se récuse ou se dérobe, aux groupements professionnels, aux associations de prévoyance. C'est seulement dans le cas avéré de leur impuissance ou de leur abdication qu'on frappera à la porte de la commune, puis à celle de la province ; enfin, comme *ultima ratio*, à celle de l'État, pour ces services publics, tels que la justice, la défense du territoire, la diplomatie... qui échappent décidément aux prises de l'individu et de l'association. »

« Pour se passer de cet appui extérieur (celui de l'État), dit-il encore, le citoyen a besoin de tremper son caractère, de forger son énergie et, non seulement de conquérir la liberté, mais encore de savoir en tirer parti et s'en rendre digne. — Jean-Jacques Rousseau l'a dit excellemment : « C'est ôter toute moralité aux actions de l'homme que d'ôter toute liberté à sa

volonté ». La tutelle de l'État démoralise, en effet, ceux qu'elle protège, enlève tout ressort à leur vie, les engourdit et les transforme en assistés, comptant, non sur eux-mêmes, mais sur lui, et prêts à subir toutes les servitudes d'une coûteuse et tracassière bureaucratie, pourvu qu'on les dispense de penser, de prévoir et d'agir. »

Cheysson était donc en principe peu disposé à faire intervenir la loi ; mais cela ne signifie pas qu'il fût rebelle à toute intervention du pouvoir législatif. A ce point de vue, une note parue dans le *Bulletin du Comité permanent du Congrès des accidents du travail* en 1890, c'est-à-dire au cours de la discussion de la loi du 9 avril 1898, est des plus significatives. On l'y voit d'abord admettre comme s'imposant la modification de l'art. 1382 du Code civil qui n'accordait d'indemnité à l'ouvrier blessé qu'à charge de preuve d'une faute de la part du patron ; d'autre part, il n'admettait pas le renversement de la preuve et se ralliait nettement au principe du *risque professionnel* et du partage, en principe, des résultats de l'accident entre le patron et l'ouvrier. Mais il examine le cas où une faute est établie à la charge de l'un ou de l'autre. Le Sénat avait voté qu'en cas de *faute lourde* de l'une des parties elle subirait entièrement les conséquences de l'accident. La chambre des députés, sur le rapport de M. Ricard, avait pensé que l'intérêt de la paix sociale exigeait de limiter le plus possible les cas de procès et, dans cette pensée, avait décidé que le principe général de mise à la charge du patron de la réparation d'une fraction déterminée des conséquences de l'accident s'appliquerait toujours, sauf dans le cas d'accident intentionnel de la part de la victime et dans celui d'une condamnation correctionnelle à plus de huit jours d'emprisonnement, directement prononcée contre le chef de l'entreprise.

Favorable en général au point de vue adopté par la Chambre, Cheysson combattait la dernière disposition adoptée par elle, car cette disposition exposait beaucoup plus le petit patron que le gros industriel, rarement responsable personnellement des accidents arrivés à ses ouvriers. Aussi concluait-il à sa modification dans le sens des art. 95 et 96 de la loi allemande du 6 juillet 1884, qui donnent droit aux caisses de maladie de réclamer au patron le remboursement des dépenses supportées par elles, dès lors que l'accident est dû à la négligence du patron, mais ne permettent à l'ouvrier de réclamer plus que son indemnité normale que dans le cas d'accident causé intentionnellement par le chef d'entreprise ou ses fondés de pouvoir. On sait que, finale-

ment, l'art. 20 de la loi permet de réduire ou d'augmenter le montant normal de la pension, mais seulement dans le cas de *faute inexcusable* de l'une ou de l'autre des parties. Le législateur a pensé limiter étroitement, par cette expression, les cas où une discussion pourrait s'engager d'une façon tant soit peu sérieuse.

Abordons maintenant avec Cheysson l'étude des œuvres d'initiative privée, tout d'abord celle des institutions de prévoyance, principalement des sociétés de secours mutuel. Voici d'abord une importante communication faite, en 1888, à la *Société d'Économie sociale* sur *l'imprévoyance dans les institutions de prévoyance.*

Cheysson remarque d'abord que, tant qu'on se borne à des secours immédiats, les erreurs ne peuvent jamais mener bien loin : si l'on s'est trompé sur le taux de la cotisation à demander aux mutuellistes, si l'on a exagéré les frais médicaux ou les indemnités, on s'en aperçoit au bout de l'année, et l'on donne sans peine à temps le coup de barre pour éviter l'écueil. Il n'en est pas de même dès qu'il s'agit de pensions, car ce n'est pas avant un demi-siècle qu'une caisse de retraites arrive à son fonctionnement normal, et alors, si l'on en a mal agencé les organes, elle peut être irrémédiablement compromise.

Cheysson cite comme exemple d'imprévoyance celle des *Prévoyants de l'avenir*. Cette société imposait à ses membres une cotisation mensuelle de un franc et répartissait entre ceux ayant vingt ans au moins de présence le revenu de l'avoir social, combinaison attachant un énorme avantage aux premières souscriptions : Joseph Bertrand a montré en effet, en prenant des hypothèses vraisemblables, que les fondateurs auraient droit, à la fin de la vingtième année, à une part supérieure à 1000 francs, tandis que les sociétaires entrés à ce moment ne toucheraient, la quarantième année, qu'une part de 14 francs. A cela s'ajoute qu'il n'était tenu aucun compte de l'âge des sociétaires, en sorte que le sociétaire entré à 16 ans et pensionné à partir de 36 ans le serait en moyenne durant 32 années, tandis que le sociétaire entré à 50 ans et pensionné à 70 ans ne toucherait en moyenne son dividende que durant 8 années.

Nous avons constamment parlé à l'imparfait, car nous savons que les Prévoyants de l'avenir ont revisé leurs statuts, mais dans des conditions que nous ignorons.

Cheysson cite encore l'erreur de Necker, qui émit un emprunt basé sur la concession de pensions viagères sans distinction des

âges : alors une société choisit dans la ville la plus saine, dans les familles les plus robustes et le sexe le plus résistant, 100 petites suissesses de 5 à 6 ans, ayant ainsi franchi les périls de la première enfance : inutile de dire les résultats, pour l'État, de cette spéculation des « 100 petites genevoises ».

Cheysson formule aussi des griefs contre notre loi du 9 juin 1853 sur les pensions civiles des employés de l'État. Assurément il a raison de s'élever contre l'imprévoyance d'une loi qui n'institue aucune capitalisation, se bornant à faire encaisser, d'une part, des retenues sur les traitements et à faire, d'autre part, inscrire chaque année, au budget, le crédit nécessaire aux pensions. Avec ce système, les charges ne pouvaient manquer de croître considérablement. Mais il est une critique qui nous paraît contestable : pour Cheysson, l'idéal serait que chaque fonctionnaire jouît d'une pension correspondant exactement à la durée et à l'importance de ses versements, ainsi qu'à ses chances de vie lors de son admission à la retraite. C'est là l'idéal de la justice individualiste ; pour nous, nous admettrions fort bien que les fonctionnaires formassent une sorte de société de secours mutuel où cette stricte justice ne fût pas observée.

Parlant des sociétés de secours mutuel qui ont entrepris le service de pensions, Cheysson fait ressortir combien tout leur paraît facile au début : on a des recettes et peu de dépenses, et l'illusion est d'autant plus facile que les procédés de comptabilité en usage sont vicieux : on inscrit, en effet, à l'actif pour leur valeur absolue les capitaux immobilisés à la Caisse des retraites, tandis qu'on ne devrait les inscrire que pour la valeur correspondant au temps qui doit s'écouler jusqu'à leur rentrée probable. De là les difficultés terribles auxquelles se condamnent les sociétés qui ne font pas preuve d'une stricte prudence, et Cheysson donne des exemples caractéristiques de sociétés se reconnaissant incapables de continuer le service des pensions sur les bases admises primitivement.

Tout cela est fort judicieux ; mais nous ne saurions, avec Léon Say et Cheysson, en conclure à la condamnation du *fonds commun* et à l'adoption systématique du *livret individuel*. Le fonds commun est de l'essence de la mutualité et différencie ses pensions de celles que chacun peut se constituer individuellement. Sans doute, le fonds commun présente l'inconvénient de laisser un doute planer sur la pension à laquelle chacun aura droit et surtout celui d'empêcher de réserver le capital à la famille ; mais, si une société est gérée sagement, le fonds

commun présente le grand avantage de permettre une progression des retraites allouées successivement, et ainsi les enfants retrouveront sous cette forme, en entrant dans la société, les avantages que leur a ravis le fonds commun.

Cette hostilité à l'égard de ce fonds nous fait comprendre ce mot d'un grand mutualiste qui, très sympathique d'ailleurs à Cheysson, nous disait qu'il était plus actuaire que mutualiste. Certes, le mutualiste doit s'appuyer sur la science de l'actuaire, mais son principe même l'empêche d'établir l'équilibre individuel que rêve volontiers l'actuaire pur.

Quoi qu'il en soit de cette question d'appréciation que chacun tranche suivant ses tendances personnelles, ce dont tous doivent profiter, c'est la leçon de sagesse que donne toute une liste des déboires subis par les imprudents, à commencer par le bureau du collège de Jupiter Cernenius qui, 167 ans après Jésus-Christ, dut annoncer que, personne ne voulant payer sa cotisation, l'associé qui viendrait à mourir (c'était une société funéraire) ne devrait pas s'imaginer qu'il eût droit à rien réclamer. Que tous ceux donc qui s'occupent de pensions de retraite restent fidèles au principe que « le fonds de garantie doit être l'exacte représentation des engagements consentis ». Ici Cheysson fait appel à l'État, mais seulement pour imposer, comme condition de ses subventions, des règles précises pour la comptabilité courante, ainsi que des bilans annuels. « Mais, ajoute-t-il, pour qu'il parle avec autorité et efficacité, il faut que l'État commence par prêcher d'exemple, c'est-à-dire qu'il applique la prévoyance aux institutions qu'il administre directement, comme à celles qu'il se borne à réglementer. »

Pour en finir avec les questions de mutualité, signalons brièvement un discours sur *la mutualité rurale* prononcé en 1909 à l'assemblée générale de la *Ligue nationale de Mutualité*. C'est un chaleureux appel destiné à faire disparaître, sur la carte de la mutualité, les immenses taches noires qu'y forment au moins 20 000 communes ne participant aucunement aux bienfaits de celle-ci.

La lutte contre l'alcoolisme fait l'objet d'un compte rendu du premier Congrès national, tenu en 1903, compte rendu fait devant l'*Institut général psychologique*. Le trait caractéristique de ce Congrès fut son large esprit d'union. Grâce à cet esprit, on renonça à se disputer sur les questions qui tant de fois ont paralysé toute action par les querelles intestines qu'elles ont soulevées : abstinents et tempérants, physiologistes et moralistes

surent vivre en paix, et, dans une scène « véritablement épique et historique », on vit les représentants de toutes les sociétés venir, les uns après les autres, déclarer à la tribune que, convaincus de la nécessité de la Fédération anti alcoolique, ils s'engageaient pour eux et leur société à s'y associer. Puis le Congrès, toujours animé de ce besoin d'union, vota l'adhésion de la Fédération anti alcoolique à l'*Alliance de l'hygiène sociale*.

Une conférence faite en 1898 sur « le Dimanche et l'initiative privée », devant le Groupe rouennais de la *Ligue populaire pour le repos du dimanche*, passe en revue une foule de points de vue de la question : le dimanche et l'hygiène, le dimanche et la production, le dimanche et la famille, le dimanche et la prospérité nationale, objections à l'action en faveur du repos du dimanche, conciliation du dimanche avec les nécessités de la vie moderne, l'intervention de la loi, le dimanche et l'initiative privée, le dimanche et le devoir social, le dimanche et les hommes, le dimanche et les femmes. A propos de l'intervention de la loi, Cheysson est loin d'appeler de ses vœux la loi qui est intervenue depuis, craignant pour elle l'impopularité de la loi de 1814. On pourrait lui répondre que cette impopularité fut due au caractère confessionnel de cette loi. On doit d'ailleurs rendre à notre loi sur le repos hebdomadaire cette justice qu'elle a su éviter tout caractère anticonfessionnel, en posant en principe que, sauf exception, ce repos doit avoir lieu le dimanche. Quant au fait que, dans les cas où il n'en peut être ainsi, la loi prescrit cependant d'accorder le repos un autre jour, il faudrait avoir l'esprit singulièrement prévenu pour s'en offusquer, alors que, au nombre des arguments des apôtres confessionnels du dimanche, on a toujours vu figurer le besoin de repos périodique.

La nécessité de la crèche est née de la grande industrie qui arrache la femme à son foyer durant la majeure partie de la journée. C'est là un grand mal et qui apparaît de façon bien caractéristique dans le fait que l'enfant revient souvent à la crèche, le lundi, en moins bon état qu'il n'était parti le samedi : c'est que la mère ne sait pas le soigner et qu'elle laisse le logis familial devenir un taudis. Aussi Cheysson engage-t-il vivement les dames patronnesses des crèches à pénétrer près des familles, à se transformer en « visiteuses de l'amitié », comme on dit aux États-Unis.

« Pour pénétrer auprès de ces familles et dissiper ces défiances qui rendent, hélas ! nos avances suspectes, vous avez, disait en 1909 Cheysson aux Dames de l'*Œuvre nouvelle des Crèches pari-*

siennes, ce merveilleux introducteur qu'est l'enfant. Vous n'allez rien demander sur le terrain politique ou religieux en échange de votre dévouement : vous vous présentez avec un désintéressement sincère, sans autre préoccupation que l'amour de l'enfant et le désir de lui être utile. »

Ce rôle de la Dame visiteuse exige la science du ménage et, plus précisément, du ménage ouvrier. D'où la nécessité, pour les jeunes filles du monde, d'un enseignement ménager. Combien n'en ont pas d'ailleurs besoin aussi les femmes du peuple, puisque c'est surtout pour réparer leur ignorance que les Dames visiteuses doivent le posséder ! Cheysson appelle de ses vœux une école des Nurses, qui deviendrait le centre de cet enseignement ménager.

Il lui fut donné d'ailleurs d'inaugurer les cours de cet enseignement à l'*Institut de la Femme contemporaine*, et il parla éloquemment à ses auditrices de l'Enseignement ménager et de la question sociale.

La question de l'enseignement ménager se rattache de près à celle de l'habitation, car la femme qui tient mal son ménage a tôt fait de transformer en taudis un logement propre et coquet. Il n'en est pas moins vrai que la question du logement a ses problèmes spéciaux et veut être traitée à part. C'est ce qu'a fait Cheysson dans une conférence sur *le Taudis*, faite en 1906 au Congrès de l'*Alliance d'hygiène sociale*. Après avoir fait ressortir les dangers du taudis aux points de vue de la santé et de la moralité de ses habitants, de la santé et de la sécurité publiques, il montre qu'on ne saurait concevoir une famille saine dans une maison malsaine ; puis il aborde la question des remèdes.

Dans les villes, la maison collective s'impose pour le plus grand nombre ; mais Cheysson trace, du moins pour les maisons neuves, un programme séduisant et un peu effrayant. L'air, l'eau et le soleil doivent être distribués abondamment. Quant aux maisons existantes, il faut les assainir, et Cheysson cite les résultats obtenus par Miss Ottavia Hill en Angleterre, par Melle Chaptal dans le quartier de Plaisance.

Après avoir rapidement esquissé le but à atteindre, il trace à chacun son programme : à l'État il appartient de faire des enquêtes, d'organiser des moyens de transport puissants et économiques, qui permettent à l'ouvrier de se loger dans la banlieue, puis d'encourager le mouvement des habitations à bon marché par des immunités fiscales et des facilités de crédit. A lui il appartient de veiller à ce que la loi sanitaire du 15 février

1902 soit résolument appliquée. Puis ne faudrait-il pas, comme en Angleterre, déduire de toute indemnité d'expropriation les dépenses qui seraient nécessaires pour mettre l'immeuble en règle avec la loi sanitaire ?

Le patron a plusieurs formes d'action bien connues ; en tout cas, qu'il se souvienne que, comme le disait Jean Dollfus, « on doit à l'ouvrier plus que le salaire ». Mais les ouvriers eux-mêmes devraient imiter leurs camarades anglo-saxons, grands fondateurs de *Building Societies*. Puis vient un éloquent appel aux architectes pour que l'art ajoute son prestige au charme domestique de l'habitation salubre et confortable.

En Belgique, la caisse générale d'épargne et de retraite a avancé plus de 60 millions aux sociétés de construction ; mais, en France, les caisses d'épargne ont à réparer le temps perdu en utilisant le pouvoir restreint que leur accorde la loi du 12 avril 1906 ; les bureaux de bienfaisance, encore plus en retard, devraient prendre modèle sur celui de Nancy ; les Compagnies d'assurances n'auraient qu'à suivre l'exemple de celles de Belgique ; les sociétés de secours mutuels pourraient faire beaucoup, à l'exemple des caisses d'assurances pour les retraites et l'invalidité en Allemagne et de notre Association fraternelle des employés et ouvriers de chemins de fer. Enfin les syndicats ouvriers et sociétés coopératives de consommation ne sauraient se désintéresser de la question.

Dans la conférence dont nous venons d'esquisser un résumé, Cheysson n'a fait qu'indiquer le programme du logement populaire à réaliser. Il est entré dans plus de détails dans une étude insérée au BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES HABITATIONS A BON MARCHÉ (1907).

La question primordiale de l'eau soulève des questions fort délicates, car le robinet libre se prête à de criants abus, et d'autre part le compteur des petits ménages est difficile à trouver, surtout si l'on exige une grande précision. Chaque logement doit être muni de son water-closet. L'évacuation des ordures ménagères se fait avantageusement au moyen d'une trémie verticale avec branchements obliques débouchant sur les balcons extérieurs.

Pour le lavage du linge, une buanderie commune, occupée successivement par les ménagères, serait nécessaire ; des récipients aérés et fermés à clé, serviraient au dépôt du linge sale, et enfin des séchoirs individuels permettraient de sécher le linge en dehors du logis.

Le docteur Calmette a trouvé une autre solution, celle de la buanderie collective avec toutes garanties contre les dangers de contagion.

La question du chauffage collectif mériterait d'appeler le concours de toutes les compétences pour être résolue ; pour l'éclairage, le système des distributeurs automatiques paraît pouvoir être avantageusement appliqué.

A propos du mobilier, Cheysson s'attache spécialement aux meubles qui peuvent être regardés comme immeubles par destination, tels que les glaces et fourneaux, les jardinières sur les fenêtres, et il rappelle à ce propos ce que l'on fait à l'étranger pour encourager les balcons fleuris : à Bruxelles, la direction du Jardin botanique met gratuitement des plantes d'ornement à la disposition des ouvriers. Il insiste avec raison sur la nécessité de disposer des armoires et placards spacieux et verrait avec plaisir, à côté de la buanderie, une série de bains-douches à la disposition des locataires.

La cour serait assez vaste pour contenir un petit jardin, entouré de grillage, où les enfants pourraient jouer, et un préau couvert sous lequel on remiserait les bicyclettes et voitures d'enfants.

Ce programme, qui d'ailleurs n'a rien d'impératif, ne laisse pas d'effrayer comme devant entraîner des dépenses trop élevées ; mais Cheysson a grande confiance dans l'ingéniosité des architectes et aussi dans le désintéressement des capitaux philanthropiques qui se contentent d'un moindre revenu pourvu que leurs locataires soient dans des maisons bien saines. Ceux-ci d'ailleurs peuvent payer un peu plus un logis qui réduira les frais de médecin, de pharmacien... et de cabaret.

Le volume se termine par de substantielles observations présentées à l'Académie des Sciences morales et politiques, en 1909, sur le *Travail des femmes à domicile*. Combien de fois n'avons-nous pas entendu jadis déplorer la disparition des ateliers de famille et leur remplacement par les grandes usines, et voici qu'aujourd'hui on s'effraie du mouvement inverse, provoqué par les lois des 2 décembre 1892 et juin 1893, organisant l'inspection du travail : pour s'y soustraire, les fabricants de confection font souvent presque tout faire au dehors, et alors on voit de malheureuses femmes fabriquer ces confections, pour un salaire de famine, dans des bouges hantés par la tuberculose ou autres maladies contagieuses, pour leur plus grand péril et celui des acheteurs.

Plus d'un réclame la fermeture de ces ateliers de famille, mais Cheysson résiste et se tourne avec espoir vers ces ateliers domestiques de la Société philanthropique et de la fondation de Rothschild, spacieux, baignés d'air et de lumière et pourvus de la force motrice nécessaire. En fait de réglementation, Cheysson admettrait volontiers celles qui concernent l'hygiène et la sécurité du travail, non celle de la durée du travail, qui nécessiterait une véritable violation du foyer domestique.

La fixation d'un minimum de salaire ne lui inspirait guère confiance, mais il se déclarait prêt à suivre avec intérêt l'essai que les Anglais se préparaient à faire. Bien plus grande est sa confiance dans l'action privée. Ici revient son rôle dans l'amélioration du logement et l'enseignement ménager, dans la lutte contre la désertion des campagnes, par la multiplication des ateliers de famille à l'aide de l'énergie électrique due à la houille blanche et par le développement du *bien de famille*. Au point de vue des salaires, les ligues d'acheteurs et le groupement syndical pourront obtenir un relèvement sensible, et il entre à ce sujet dans d'intéressants détails pratiques.

Sans nous allonger davantage, nous espérons avoir fait entrevoir l'intérêt de ces « observations », ainsi du reste que de l'ensemble de ce second volume des *Œuvres choisies* d'Emile Cheysson, qui permettent de soupçonner toute la beauté de son véritable apostolat social.

G. Lechalas.

XVI

Die Bananenkultur. Geographisch, Wirtschaftlich und Kulturhistorisch betrachtet, par Dr R. Rung, in Dr Petermann's Mitteilungen Erganzungsheft, n. 169. — Gotha, 1911, 1 vol., 118 p., 14 pl., 1 carte.

La publication récente de cette étude du Dr R. Rung, envisagée au point de vue géographique, économique et historique, n'est pas la seule qui dans ces derniers temps ait remis la question « bananiers » sur le tapis. En juillet dernier le Dr Zagorodsky a étudié la question surtout au point de vue de l'utilisation des fruits et de leur emploi dans l'alimentation du bétail (1), et dans

(1) Dr M. Zagorodsky. Die Bananen und ihre Verwertung als Futtermittel. Beihefte zum Tropenpflanzer. Bd. XII, n. 4, juillet 1911, in-8°, 120 pp.

un ouvrage récent M. Rondet-Saint insiste sur cette même question en reproduisant comme document un article de la Réforme économique (1).

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de cette question, elle vaudrait cependant la peine d'être exposée, mais il faudrait pour bien faire ressortir son importance lui consacrer de nombreuses pages. Une conclusion digne d'être tirée de l'étude des divers exposés faits jusqu'à ce jour, est celle-ci : il devient de plus en plus nécessaire, comme nous l'avons déjà répété, que des enquêtes soignées soient établies pour ces bananiers dont la culture et l'exploitation sont rentables à plus d'un titre.

M. le Dr Rung a subdivisé son étude en deux parties ; dans la première il a passé rapidement en revue les généralités relatives à la banane, il envisage les bananiers au point de vue fruitier et au point de vue textile, décrit sommairement les bananiers de culture, envisage la culture et les propriétés alimentaires.

Dans la seconde partie, de beaucoup la plus importante, il s'occupe surtout de la distribution géographique de cette culture et donne même une carte de sa dispersion. Plus de 20 pages sont consacrées à l'étude du bananier en Afrique.

M. Rung donne quelques renseignements précieux sur l'accroissement du commerce de la banane en Allemagne ; en 1902 ces fruits étaient encore très peu connus et actuellement encore ils sont dans ce pays, comme d'ailleurs chez nous, trop chers pour pouvoir être consommés par le peuple.

C'est pour arriver à une consommation plus intense qu'il faut chercher à augmenter l'exportation de toutes les colonies vers la mère-patrie, il faut pour cela chercher à avoir des navires spéciaux qui seront munis d'appareils frigorifères capables de conserver les bananes à l'état frais pendant le transport, et d'installations telles que le transport puisse se faire dans de bonnes conditions. Déjà dans cette voie certaines sociétés allemandes ont fait de grands progrès ; M. Scipio, directeur de la « Bremer Fruchthandel Gesellschaft » a fait construire les premiers wagons permettant le transport des fruits (ventilation, etc.) arrivant à Brême, vers l'intérieur des terres.

L'Allemagne cherche à se libérer de l'Angleterre pour cette denrée qui est certes encore moins consommée chez elle qu'en Grande-Bretagne ; des essais de culture ont été tentés au

(1) M. Rondet-Saint. *L'Afrique équatoriale française*. Paris, Plon-Nourrit, 1911, p. 114 et suiv.

Cameroun, en outre elle pourrait s'approvisionner directement en Palestine, au Maroc, au Mexique et au Nicaragua, au Vénézuéla et en Colombie ou dans le golfe d'Uraba, où une société allemande s'occupant de la culture des bananiers à fruits comestibles vient de s'installer, la « Hamburg-Kolumbien-Bananen-Aktiengesellschaft ».

Ces données sont accompagnées de 14 planches hors texte, la plupart consacrées à des phases de la culture et du commerce de la banane au Costa-Rica, et d'une carte.

L'auteur termine en reproduisant des considérations émises dans le temps par le Prof. O. Warbrug ; comme ce dernier, il admet qu'aucune plante ne peut, sous plusieurs points de vue, être comparée au bananier, car aucune ne peut sur un même espace, pendant le même temps et avec les mêmes soins, donner autant de produits utilisables par l'homme.

Le livre du Dr Rung résume très bien une partie de la très importante question du bananier. Il reste, malgré la littérature actuellement déjà assez notable dévolue aux bananiers, beaucoup de points à élucider pour la solution de cette grosse question, de haut intérêt pour la mise en valeur rationnelle des colonies tropicales.

É. D. W.

XVII

Die Kokospalme und ihre Kultur, par Dr P. Preuss. Un vol. in-8°, 220 p., 20 fig. dans le texte, 17 pl. hors texte. — Berlin, Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), 1911.

Les matières grasses acquièrent de jour en jour plus d'importance, et parmi celles-ci les produits gras du cocotier ont atteint, dans ces dernières années, une grande valeur par suite de leur consommation intense.

Il convient donc d'attirer l'attention sur un remarquable ouvrage publié à Berlin, par le Dr P. Preuss, directeur de la « New Guinea Compagnie » ; sa lecture permettra de se rendre bien compte des conditions dans lesquelles la culture et l'exploitation des cocotiers doivent être entreprises pour donner des résultats de grande importance.

Par les multiples usages des diverses parties de son fruit, le cocotier est une des plantes tropicales dont la culture, entreprise

dans de bonnes conditions et avec tous les soins désirables, donne les plus beaux rendements.

L'auteur, bien connu dans le monde scientifique, botanique et agronomique, par ses travaux précédents sur les matières premières d'origine végétale ; par ses voyages en Afrique et en Amérique centrale, passe en revue, en neuf chapitres, toute l'histoire de l'intéressant palmier, tenant compte surtout de la pratique. Il étudie donc particulièrement avec soin la croissance de ce palmier et les conditions dans lesquelles sa croissance s'effectue le mieux. Il insiste en particulier sur le bénéfice à retirer du sélectionnement des fruits destinés à la plantation, et sur les soins dont il faut entourer les jeunes plants et les arbres adultes.

Un chapitre très étendu est consacré aux nombreux ennemis du cocotier, appartenant, comme on sait, pour la plupart au règne animal. Ils sont souvent très dangereux et le planteur doit surveiller à ce point de vue, avec un soin particulier, sa culture.

Puis vient le chapitre consacré aux amendements à donner à ces cultures; il examine les diverses formes de restitution et la manière la plus économique de rendre au sol la proportion notable de substance minérale, que la grande quantité annuelle de produits du palmier en enlève tous les ans.

Puis viennent les chapitres se rapportant aux récoltes, aux préparations des produits : noix, copra, huile de coco, coir, alcool, etc.

Un dernier chapitre nous donne des statistiques nombreuses de production sur lesquelles nous ne pouvons insister, et un paragraphe de conclusions dont nous pouvons extraire ces données générales : la culture du cocotier convient pour des sociétés à capital relativement élevé, moins élevé cependant que pour celles désirant exploiter caoutchouc, cacao, café, thé, car cette culture demande moins de main-d'œuvre ; elle convient aussi fort bien pour l'indigène et, dans certaines colonies, le Gouvernement cherche même, par divers moyens, à étendre la culture de ce palmier parmi les indigènes.

É. D. W.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE

—

Bibliographie caoutchoutifère. — Si les Anglais en général ne considèrent pas comme particulièrement important de donner à leurs colons et agents coloniaux une éducation scientifique spéciale avant leur départ, s'ils ne trouvent pas particulièrement utile pour leurs planteurs d'avoir appris, dans une école, l'histoire des plantes à caoutchouc, ils ont reconnu la nécessité de publier dans ces dernières années une longue série de travaux sur l'exploitation des caoutchoutiers et de réunir à Londres, pour leur plus grand bénéfice, des Expositions internationales du caoutchouc auxquelles ils ont annexé une Conférence.

Cette multiplicité de livres qui voient le jour en Angleterre, dont le mouvement littéraire spécial est naturellement suivi par l'Allemagne, la France et la Hollande, complique de plus en plus la question et force le lecteur, qui désire se tenir au courant d'une question spéciale, telle celle de la culture des caoutchoutiers, à faire des efforts considérables.

Il n'est nullement dans notre intention de passer ici en revue la bibliographie récente des livres parus sur les caoutchoutiers, pas même d'examiner celle parue en Angleterre. Mais comme cette question intéresse en ce moment un très grand nombre de nos concitoyens, et qu'il est utile que nous soyons, en Belgique, au moins partiellement documentés sur elle, je

(1) W. Wicherley. *The Whole Art of Rubber growing*, in-17, 154 p. avec fig. London. The West strand publishing C°. 1911.

pense qu'il convient de citer trois travaux récents qui, par leur ensemble, forment une sorte d'encyclopédie réduite de la question.

Le premier est dû à la plume d'un planteur de Ceylan, M. Wicherley, qui a eu spécialement en vue en l'écrivant de donner un aperçu des principales plantes productrices de caoutchouc dans le monde. Il a intitulé son livre : *The Whole Art of Rubber-growing* (1), et en 154 pages in-16, il examine les *Hevea,* les *Manihot,* les *Ficus,* les *Castilla,* les *Funtumia* et les caoutchoutiers secondaires, terminant cet aperçu par quelques pages sur l'avenir du caoutchouc. Cette question est toute d'actualité, car la lutte qui va se produire entre les régions de plantations : Ceylan, États Fédérés Malais, Indes Néerlandaises et les régions de production naturelle, parmi lesquelles le Brésil, sera terrible. Pour maintenir sa prospérité ce dernier pays devra consentir des sacrifices nombreux, ce qui ne pourra se faire sans quelques remaniements dans l'ordre économique.

Ce premier petit livre donnera donc au lecteur une idée générale de la question, il pourra alors aborder les ouvrages plus spéciaux sur les différentes espèces productrices, les traités devenus classiques sur lesquels nous ne nous appesantirons pas ici.

Le second volume auquel nous faisions allusion est celui de M. Petch, mycologiste du gouvernement de Ceylan, qui a pour but d'attirer l'attention des planteurs sur les conditions de la vie d'un caoutchoutier, de l'*Hevea,* de ce producteur dont tout le monde parle en ce moment.

M. Petch insiste surtout, et avec on ne peut plus de raison, sur l'hygiène de la culture, sur la nécessité de priver le sol de tous les éléments qui peuvent permettre le développement des insectes et des champignons. C'est même là un point que les planteurs ont laissé trop facilement de côté et ils apprendront, peut-être à leur détriment, l'importance des soins culturaux. Ils oublient que dans les associations compactes de végétaux, comme chez l'homme, les maladies sont bien plus dangereuses que chez les individus isolés.

La connaissance des conditions de la vie de cet arbre est d'autant plus utile pour le planteur que la saignée qu'il faut faire subir aux plants pour leur enlever le latex ne peut leur occasionner que du tort. L'arbre n'a sûrement pas été créé pour être saigné, pour être blessé, et ces blessures que nous ravivons

tous les deux jours doivent le mettre dans une situation très défavorable pour lutter contre ses ennemis.

C'est donc en étudiant avec soin la physiologie de ces plantes que nous parviendrons à les saigner le plus rationnellement possible et à éviter dans les plantations des pertes néfastes au point de vue économique (1).

Le troisième volume, auquel nous tenons à renvoyer, est également spécialisé, il s'attaque à la question du *Funtumia elastica* (2), une de nos plantes caoutchoutifères congolaises. Il a donc pour nous une importance particulière et ce serait non seulement quelques lignes qu'il faudrait lui consacrer, mais plusieurs pages. Mais notre but n'a pas été de discuter, ou d'exposer, les idées qui sont venues à l'esprit de son auteur bien connu, M. C. Christy. Nous tenons simplement à signaler que l'auteur, d'accord en cela avec beaucoup d'autres coloniaux africains, estime la culture de cette essence rentable, pourvu que l'exploitation soit faite dans certaines conditions.

Ce travail doit encore attirer tout particulièrement notre attention par son abondante documentation photographique ; il devrait servir de modèle à ceux de nos concitoyens qui se rendent au Congo et peuvent à leur tour nous documenter sur une plante exploitée par le noir, mais dont les caractères scientifiques et économiques sont chez nous encore mal définis.

L'Afrique équatoriale française. — M. M. Rondet-Saint, a publié récemment un intéressant volume, sous ce titre ; il nous intéresse non seulement par le fait que l'auteur a passé dans la région dont il a tant été question ces temps derniers, mais surtout parce que fréquemment il y est fait un parallèle entre notre Congo et le Congo français (3).

Il y a également beaucoup à y glaner pour la mise en valeur de notre Congo et je pense qu'il convient non seulement de signaler sèchement cet ouvrage, mais d'insister sur certains

(1) T. Petch. *The Physiology and Diseases of Hevea brasiliensis, the premier plantation Rubber tree.* London, Dulau et Cie, 1 vol. in 8°, 270 p., pl. hors texte dont une en couleurs.

(2) C. Christy. *The African Rubber Industry and Funtumia elastica.* J. Bale and Sons, 83-91 Great Titchfield street, Oxford street, W. London. 1 vol. in 8°, 252 p. et nombreuses planches.

(3) M. Rondet-Saint. *L'Afrique équatoriale française*, 1 vol. 312 p., 1 carte, in-16. Paris, Plon-Nourrit, rue Garancière.

de ses paragraphes qui permettent de juger de la valeur du livre.

Dans son introduction l'auteur tient à faire remarquer qu'au Congo français, et nous dirons dans notre Congo, il reste beaucoup à faire. C'est là une vérité que l'on ne peut assez répéter, il y a de la besogne pour tout le monde et il serait temps que tout le monde veuille apporter sa pierre à l'édifice, car il est très juste, comme le dit l'auteur, que dans la colonie « rien ne se fera sans une opinion métropolitaine avertie. Et c'est précisément, ajoute-t-il, à cette éducation qu'il appartient à chacun d'apporter sa part contributive, aussi modeste soit-elle. »

Puissions-nous bien comprendre cette vérité chez nous et travailler sans désemparer à combler les lacunes de notre documentation coloniale !

Dans un premier chapitre sur les relations maritimes entre la France et l'Afrique équatoriale, l'auteur démontre que la marine doit jouer un rôle considérable dans l'expansion commerciale. Comme il le dit fort bien, et comme nous avons d'ailleurs essayé de le démontrer dans bien des écrits antérieurs, pour le Congo il y a autre chose que caoutchouc et ivoire, ceux-ci « ne constituent pas, comme beaucoup le croient trop souvent, le tableau définitif et immuable des exportations du pays ».

Ce que l'auteur rapporte des richesses latentes incalculables « et même patentes, dont la mise en valeur doit représenter pour notre marine, pour notre industrie, un aliment, impossible à apprécier dès aujourd'hui, mais dont l'importance et la durée échappent, par leur nuance même, aux prévisions les plus optimistes » s'applique à notre Congo.

Mais comment mettre ces richesses en valeur ? La France possède sa marine, qu'elle aura intérêt à développer ! Sommes-nous dans les mêmes conditions pour lutter favorablement ? La conclusion que nous pourrions tirer est facile à prévoir ! Nous aussi nous aurions intérêt à renforcer nos relations maritimes, à créer de nouvelles relations, si nous ne voulons pas voir prendre les devants par des nations étrangères.

Dans un paragraphe spécial notre auteur étudie particulièrement l'élevage de l'éléphant qui a été tenté dans notre Congo, et après avoir examiné la question sous plusieurs de ses faces il arrive à une conclusion qui nous paraît bien judicieuse, nous tenons à la reproduire in extenso. Elle trouvera certainement des critiques, mais je pense qu'il y aura aussi des défenseurs nombreux.

« Pour toutes ces raisons, dit M. Rondet-Saint, il n'apparaît pas que la tentative, *onéreuse* jusqu'ici, mais au demeurant méritoire des Belges, pour tirer parti de cet intéressant auxiliaire éventuel, doive aboutir à un résultat pratique ; leur exemple ne saurait donc nous inciter à les suivre quelque jour. »

Nous aurions à citer bien des passages du chapitre : « Avenir économique », dans lequel il y a beaucoup à glaner bien que l'auteur prémunisse le lecteur en faisant ressortir qu'il n'est pas spécialiste. Mais faut-il être spécialiste pour bien voir ?

Ici aussi il y a quelques assertions que nous acceptons avec plaisir, mais qui sont fortement discutées ; nous n'en citerons qu'une, celle se rapportant aux sociétés concessionnaires. Certes, comme le dit l'auteur, pour discuter cette question très complexe et très controversée il faut une très grande documentation et une grande autorité, mais comme M. Rondet j'émettrai l'avis que pour notre Congo, comme pour le Congo français, « je ne puis me défendre d'observer, que si les sociétés n'avaient apporté dans ce pays un capital dont l'importance in globo peut s'estimer à une quarantaine de millions, il est permis d'affirmer que, sans cet appoint, de quelque poids, on en conviendra, et qu'aucune autre source n'était à même de fournir, jamais notre Afrique équatoriale n'aurait démarré », quelle qu'eût pu être la valeur d'efforts individuels isolés. De semblables vérités ont-elles même besoin d'être énoncées ?

L'auteur cherche ensuite à faire l'énumération de quelques produits de valeur pour le Congo ; il insiste sur la valeur secondaire de l'ivoire, c'est là un fait que nous avons souvent signalé (1).

Vient en première ligne dans la catégorie des produits de valeur le caoutchouc. Que n'a-t-on pas écrit sur le caoutchouc d'Afrique ? Ici aussi c'est le cas de répéter ce que M. Rondet-Saint dit au point de vue général, nous ne connaissons encore que bien peu de choses du caoutchouc africain et nous sommes loin de pouvoir dire avec certitude, comme le prétendent certains auteurs, que l'avenir du caoutchouc africain est très obscur !

Il est indiscutable, comme le conclut notre auteur, que la mise en valeur des colonies de l'Afrique tropicale : colonies françaises et colonie belge, est subordonnée au point de vue caoutchouc à :

(1) É. De Wildeman. *Le Congo et ses produits végétaux*. Société belge des Ingénieurs et des Industriels, Bruxelles, 1911.

1° La plantation de lianes ou d'arbres caoutchoutiers, et leur exploitation régulière et scientifique.

2° L'exploitation rationnelle de la forêt, et, dans la mesure du possible, — si cela l'est, — l'aménagement forestier.

3° L'extension de cette exploitation à toutes les parties accessibles du pays, capables de fournir les éléments d'un rendement rémunérateur.

4° La main-d'œuvre.

C'est naturellement un vaste programme, mais c'est indiscutablement en ces quelques lignes que sont condensés les buts à atteindre et nous y parviendrons en formant des hommes, en montant notre outillage économique et en travaillant à relever le niveau moral et intellectuel des indigènes, ce qui se fera sans immenses difficultés si nous plaçons sous leurs yeux des exemples dignes d'être suivis.

Bien d'autres produits sont rappelés par l'auteur et nous ne les citerons pas ici, car nous aussi nous avons toujours soutenu que, en dehors de la culture du caoutchouc, il y a autre chose à faire au Congo, mais l'opposition vient ici encore de cette idée néfaste qu'une affaire coloniale doit rapporter dès le début de très gros bénéfices.

Grâce à cette manière de voir, on laisse perdre dans la colonie des produits qui pourraient soutenir des industries métropolitaines, ou en créer de nouvelles.

Il nous faudrait bien des pages encore pour citer tous les paragraphes intéressants du chapitre : « Avenir économique » ; nous nous contenterons de citer une partie de la fin de ce chapitre.

L'auteur nous déclare qu'un industriel français lui dit un jour : « Moi, jamais je n'entreprendrai rien dans une colonie française. On y est exposé à trop d'aléas, à trop d'interventions des pouvoirs publics. Et le monde est assez grand... ».

Hélas ! cette même appréciation a été souvent formulée chez nous, personnellement je pourrais citer de nombreux Belges qui ont préféré lancer leurs capitaux à Ceylan et dans les Indes Néerlandaises, pour les mêmes raisons, au lieu d'essayer de les faire fructifier dans notre colonie et c'est pour nous comme pour certaines colonies françaises « un des obstacles les moins soupçonnés, mais les plus redoutables, peut-être, de notre expansion coloniale ».

Ce sont naturellement de telles tendances qu'il faut combattre à tout prix, malheureusement les pouvoirs publics annihilent

fréquemment le bon vouloir de ceux qui cherchent à les aider dans leur œuvre de colonisation.

Chemin faisant, en parlant de l'outillage économique, M. Rondet-Saint, comme d'ailleurs en d'autres pages de son livre, tient à faire ressortir la valeur de ce que nous avons fait au Congo. Léopoldville, lui disait un jour un de ses compatriotes, est une usine et M. Rondet-Saint d'ajouter : « Je crois, moi, que c'est le plus bel éloge que l'on puisse faire de ce qui a été accompli en ce point par les Belges ».

Tâchons de continuer à mériter ces éloges et tenons compte, très largement, de quelques critiques très justifiées que l'auteur français nous adresse quant à notre installation sur le Pool !

L'auteur étudie ensuite la main-d'œuvre, un des plus graves problèmes que soulève la mise en valeur rationnelle de toute l'Afrique centrale ; il l'étudie sous plusieurs de ses aspects et nous ne pouvons le suivre ici, car cela nous mènerait trop loin. Ce qui est très certain, c'est qu'en général le noir adulte refuse le contact du blanc quand il le peut, parce qu'il répugne au travail — il n'a pas de besoins — et parce qu'il ne veut pas supporter l'impôt.

Il faudra travailler pendant longtemps ces hommes, et, comme l'auteur, nous pensons qu'il faudra en arriver à exiger le travail du noir, naturellement en le rémunérant, et en lui procurant en échange de son travail, outre un salaire, une protection et une amélioration de la vie matérielle.

L'auteur en arrive tout naturellement à parler de la maladie du sommeil, calamité qui est pour beaucoup dans la diminution de la population et dans le manque de main-d'œuvre.

Là aussi nous sommes pleinement d'accord avec l'auteur, qu'une des grandes causes de l'extension de ce fléau est la misère physiologique, que la suppression de l'anthropophagie a peut-être favorisée. Certes c'est là une thèse qui peut se soutenir et nous avons eu l'occasion de la mettre déjà plusieurs fois en vedette.

Mais nous sommes encore mieux d'accord avec les idées rapportées par l'auteur au sujet du manioc. Nous avons donné sur cette question notre appréciation (1). Certes le manioc ne

(1) Cf. É. De Wildeman. Notes sur des plantes largement cultivées en Afrique tropicale, ANNALES DU MUSÉE COLONIAL DE MARSEILLE, 1909, et *Mission permanente d'Études scientifiques de la Compagnie du Kasaï*, Bruxelles, 1910, p. 186 et suiv.

peut donner à ceux qui le consomment une trypanosomiase, mais l'action de l'acide cyanhydrique sur l'organisme peut y amener des troubles analogues à ceux que produisent les trypanosomes. C'est pourquoi nous avons depuis longtemps conseillé la culture de la banane et l'abandon de celle du manioc.

Il y a là certainement, comme le dit l'auteur, une question qui est « digne d'un sérieux examen de la part de ceux qui se sont consacrés à la défense et à la conservation des races africaines. »

L'auteur conclut en quelques phrases, nous n'avons pas à les reproduire ici, toutes ont une grande portée pour notre colonie et il serait à souhaiter que l'on tînt largement compte, dans les modifications à apporter dans la direction des affaires coloniales, des justes observations et revendications émises par M. Rondet-Saint.

La canne à sucre. — Nous avons déjà insisté ici à diverses reprises sur l'importance de la question sucrière. Au point de vue des colonies, cette question est souvent d'intérêt capital, c'est le cas par exemple, pour les colonies hollandaises qui depuis des années se sont attachées à étudier la canne à sucre et son exploitation dans tous leurs détails et sont arrivées à des résultats merveilleux, tant au point de vue financier qu'à celui de la technique proprement dite. Depuis quelques années, les Hollandais ont ainsi amassé sur la culture de la canne à sucre, ses maladies et parasites, la chimie des produits, l'extraction du sucre, des documents considérables qui ont permis à la Station expérimentale installée à Java spécialement pour l'amélioration de l'industrie sucrière, de faire publier une série de volumes, formant un véritable manuel de la culture de la canne et de la fabrication du sucre.

Un volume récent dû à la plume d'un spécialiste bien connu M. H. C. Prinsen-Geerligs, mérite tout particulièrement d'attirer l'attention du grand public, car il constitue une revue générale de la culture sucrière, celle de la canne en premier lieu, de par le monde (1).

L'auteur étudie les progrès de l'industrie sucrière en résumant l'histoire sucrière dans le monde.

La canne est connue de très haute antiquité, elle est signalée dans les écrits sacrés des Hindous, et paraît d'ailleurs être d'ori-

(1) H. C. Prinsen-Geerligs. *De Rietsuiker-industrie in de verschillende landen van productie. Historisch, technisch en statistisch overzicht over de productie en den uitvoer van de rietsuiker.* 1 vol. gr. in-8°, XVIII 416 et XXIV p., cartes et planches hors texte, Amsterdam, J. H. de Bussy, 1911.

gine Indienne. Ce fut surtout à la suite des Croisades que l'usage du sucre fut introduit en Europe.

Cette industrie de la canne à sucre qui paraissait il y a quelques années déchoir, rapidement s'est relevée dans ces derniers temps sous l'action de divers facteurs, parmi lesquels M. Prinsen-Geerligs cite en particulier la Convention sucrière de Bruxelles, la conquête de Formose par les Japonais, la diminution de tarifs accordée par les États-Unis à certaines colonies portugaises et surtout les découvertes scientifiques qui ont fait progresser d'une façon étonnante les procédés de préparation du sucre.

Durant le règne de Napoléon apparut la betterave sucrière qui rejeta au second rang la canne à sucre, et donna à nos cultivateurs européens l'occasion d'obtenir des rendements de plus en plus notables grâce une sélection soignée.

C'est depuis 1903 que la culture de la canne et la fabrication du sucre ont repris leur essor, mais dans beaucoup de pays sucriers, à Cuba, Formose, etc., en particulier dans les Indes Néerlandaises l'industrie sucrière qui se trouvait dans le marasme avait été déjà partiellement relevée par la création de laboratoires de recherches et il faut le dire aussi par la création dans la métropole de chimistes formés spécialement pour mener à bien l'industrie qui devait être conduite sur des bases nouvelles (1).

Il y a certes place pour les deux produits : sucre de betterave et sucre de canne, mais actuellement d'après les données fournies par M. Prinsen-Geerligs la quantité de sucre de canne livrée sur le marché est un peu supérieure à celle obtenue de betteraves ; elle est de 50,4 % de la quantité totale ; ce pourcentage se maintiendra-t-il ? En tous cas la production peut être augmentée, car la consommation, si les droits ne sont pas relevés, augmentera elle aussi. Les chiffres exacts pour 1909-1910 et de taxation pour 1910-1911 sont :

	Cannes	*Betteraves*
1909-1910	8 302 592 tonnes	6 588 595 tonnes
1910-1911	8 526 000 »	8 393 000 »

La récolte totale de 1910-1911 serait donc supérieure à celle des autres années, jamais un tel rendement n'aurait été obtenu.

(1) A l'École technique de Delft, à l'École de Wageningen, à l'École technique moyenne d'Amsterdam, à l'École sucrière d'Amsterdam et dans une école privée de La Haye, les jeunes gens désireux de se créer une situation dans l'industrie sucrière, peuvent être préparés. Voyez entre autres : Berkhout et Prinsen-Geerligs, *Indischen cultuur Almanak 1912*, p. 395 et suiv.

Après avoir jeté un coup d'œil sur l'histoire de la question sucrière l'auteur passe à l'examen relativement très détaillé de toutes les régions productives, donnant pour plusieurs d'entre elles des cartes de la distribution des plantations sucrières.

L'auteur passe ainsi en revue successivement : Indes Anglaises, Straits Settlements, Cochinchine, Chine, Japon, Formose, Philippines, Java, Espagne, États-Unis, Mexique, Cuba, Saint-Domingue, Porto-Rico, Indes occidentales, Antilles, Amérique centrale, Amérique du Sud, Afrique : Madère, Canaries, Angola, Liberia, Égypte, Mozambique, Natal, Maurice, Réunion ; Australie, Hawaï, Fidji, Tahiti.

Deux planisphères se trouvent en tête de l'ouvrage et nous renseignent la production mondiale du sucre en 1900 et 1910. Nous ne pouvons résister au désir de reproduire ici la partie numérique de ces deux tableaux qui est du plus grand intérêt.

Production mondiale du sucre de canne en 1900 et 1910
(chiffres en milliers de tonnes)

	1900	*1910*
Hawaï	258	463
États-Unis	273	335
Cuba	283	1804
Porto-Rico	62	305
Antilles	241	282
Mexique	75	160
Amérique Centrale	25	20,5
Vénézuéla	5	5
Colombie	10	10
Équateur	6	7
Suriname	13	14
Demerara	85	115
Pérou	118	150
Brésil	185	253
Argentine	117	125
Espagne	35	19
Égypte	99	59
Réunion	43	42
Maurice	157	252
Natal	66	65
Indes Aglaises	1799	2125
Chine	150	60
Japon	40	40

	1900	*1910*
Formose	75	250
Cochinchine	50	50
Straits Settlements	20	11
Java.	744	1278
Philippines	63	112
Fidji	33	70
Australie	113	148

Par l'examen de ces chiffres on est frappé de l'augmentation du produit dans certains centres, par exemple à Cuba, dans les Indes Anglaises, à Java, aux Philippines, à Formose.

Les chiffres cités pour Cuba et Formose sont particulièrement frappants. Pour Cuba en 10 ans la production a décuplé et pour Formose elle a quintuplé. A Cuba la production sucrière a surtout pris de l'importance depuis la colonisation américaine qui a amené la création d'usines capables de traiter 3600 tonnes de cannes en 24 heures.

En 1910, trois grandes usines ont ensemble produit environ 200 000 tonnes de sucre.

Les chiffres déjà si différents pour 1900 et 1910 vont encore être modifiés rapidement car, comme le montre M. Prinsen-Geerligs, la création d'une ligne de chemin de fer a permis la mise en valeur d'une partie de l'Ile qui, en 1902, avait donné pour 5 plantations 110 000 sacs de 325 livres espagnoles et serait capable de donner en 1911 pour 7 plantations, deux nouvelles s'étant installées : 651 000 sacs.

L'augmentation de la production à Formose a surtout pris de l'importance depuis 1908, car de 1901 à 1908 la production, ou du moins l'exportation de sucre, varia de 32 à 68 mille tonnes, et de 1908 à 1909 elle a brusquement passé à 122 000 tonnes et en 1910-1911 de ce dernier chiffre à 230 000 tonnes.

Il y a déjà à Formose 28 fabriques de sucre complètement montées avec un outillage moderne. La valeur du capital investi, partiellement versé, atteint pour ces fabriques 19 400 000 yens ou plus de 5 000 000 000 francs. Formose serait dès 1912 capable de produire assez de sucre pour la consommation japonaise.

Nous ne pouvons pousser plus loin l'analyse du livre très documenté de M. Prinsen-Geerligs ; faisons cependant encore remarquer qu'en Afrique la culture de la canne au point de vue sucrier rétrograde, sauf dans le Sud.

É. D. W.

SCIENCES MÉDICALES

—

Au sujet des greffes ostéo-articulaires. — Aux deux derniers congrès allemands de chirurgie, Kütner, le praticien bien connu, a exposé, avec malades à l'appui, une nouvelle tentative, assez hasardée, mais cependant intéressante et digne d'être notée.

Jusqu'ici, dans les opérations sur les os, on a déjà souvent tâché, un fragment d'os ayant dû être enlevé malgré tout, de le remplacer, soit par un os tiré du sujet lui-même et employé comme greffe (greffe autogène, le péroné par exemple) soit, surtout dans les ostéo-myélites, par un fragment d'os décalcifié, destiné à servir de tuteur au nouvel os, formé par le périoste restant, ce tuteur étant destiné à disparaître par résorption. Parfois on a même tenté de prendre un fragment osseux ou articulaire sur un membre amputé pour accident immédiatement avant (greffe hétérogène). Kütner devient plus audacieux encore : il a prélevé sur des cadavres de malades non infectieux et décédés quelques heures auparavant, les fragments osseux dont il avait besoin. A l'appui de sa manière de faire il nous apporte trois cas des plus intéressants. Ces trois opérations furent faites pour des sarcomes, deux de l'extrémité supérieure du fémur, l'autre de l'épiphyse supérieure du tibia, chez des hommes de 30 à 45 ans. La pièce cadavérique qui doit servir à la greffe est enlevée de neuf à douze heures après la mort et mise ensuite pendant quelques heures dans le liquide de Ringer à 0°. Ensuite, le sujet étant endormi, elle est adaptée chirurgicalement en lieu et place de la partie osseuse malade. Dans chaque cas la guérison fonctionnelle fut excellente. Toutefois l'auteur, quoiqu'il soit convaincu du fait, ne peut démontrer que l'os transplanté ait continué à vivre. Dans le premier cas, la mort étant survenue par généralisation environ un an après l'opération, on put faire l'autopsie. L'os transplanté paraissait en bon état : il était intact ainsi que le périoste et le cartilage articulaire de la tête fémorale qui était encore poli et brillant. Les muscles avaient pris leurs insertions sur le nouvel os et un gros cal réunissait celui-ci à l'ancien. Cependant, microscopiquement l'os transplanté était envahi par le tissu conjonctif environnant.

Dans le second cas, encore vivant, la radiographie nous montre aussi un cal partant également de deux os. C'est surtout sur

cette constatation que se base l'auteur pour affirmer la survie de la greffe. Mais l'examen microscopique seul serait décisif et il est impossible pour le moment.

Kütner a été plus hardi encore : il s'est risqué jusqu'à enlever une articulation complète, l'épaule, et l'a remplacée par celle d'un cadavre. Toutefois il ne nous est donné aucun renseignement sur les suites du cette intervention.

Ce sont là des tentatives intéressantes à suivre et qui, si elles réussissent et donnent de bons résultats, même aprés un temps assez long, seront utiles à employer dans certains cas bien nets, mais, heureusement pour les malades, peu fréquents. Il faut cependant, pensons-nous, se garder d'engouements trop rapides et peut-être irréfléchis, pour des innovations qui, quoique bien tentantes, vont si fort à l'encontre de nos idées et de notre expérience.

Existe-t-il un rapport entre les traumatismes et la tuberculose ? — Cette question, si longtemps discutée, niée par les uns avec Lannelongue et Achard, admise par les autres à la suite de Huter et Max Schuller, vient enfin d'être soumise à une série d'expériences systématiques. C'est le professeur Ribera y Sans de Madrid qui a entrepris ce travail avec l'assistance du Dr Duran y Cottes. Les premiers résultats de ces travaux viennent d'être publiés (1).

Avant tout l'auteur fait part des constatations qu'il a faites à sa clinique de l'Enfant Jésus : Sur les 141 cas de tuberculose articulaire qui ont pu être bien observés et dont les antécédents ont pu être connus avec certitude, 64 sont nettement consécutifs à un traumatisme et imputables à lui seul.

Quant aux expériences, qui viennent ensuite, elles comprennent plusieurs séries. Une première concerne la tuberculose génitale, et fut faite sur des lapines et des lapins. Chez les femelles les résultats ne furent pas, nous semble-t-il, très démonstratifs quant à l'importance du traumatisme comme facteur étiologique. Chez les mâles, au contraire, dans trois cas sur quatre, un traumatisme du pénis a été suivi de tuberculose du testicule, une tuberculisation générale du sujet par injection intraveineuse de bacilles étant évidemment faite avant tout.

Une seconde série, se rapportant à la tuberculose ostéo-articulaire, est beaucoup plus intéressante. Les animaux en expé-

(1) Presse Médicale, mai 1911.

rience, après avoir été tuberculisés comme précédemment, étaient traumatisés à des places variables. Les résultats furent nets et inspirèrent à l'auteur les conclusions suivantes qui paraissent devoir être acceptées : les injections pures de bacilles de Koch n'engendrent pas la tuberculose de l'articulation qui a subi un traumatisme ; tous les essais furent négatifs sur ce point, que l'injection fût sous-cutanée ou faite dans le péritoine, dans la veine ou même dans l'articulation elle-même, mais la moelle osseuse contient des bacilles en abondance. Il n'est possible de produire une tuberculose articulaire qu'en associant au bacille de Koch un autre microbe plus virulent : le Staphylocoque, par exemple ; et alors encore faut-il que ce dernier soit injecté dans l'articulation elle-même, quel que soit le lieu d'injection des produits tuberculeux. Dans ce cas seulement l'auteur obtient une arthrite tuberculeuse type. Dans tous les autres cas il n'obtient que des tuberculoses glanglionnaires ou pulmonaires.

Cependant, malgré le laboratoire et se basant surtout sur sa statistique clinique qui mentionne dans 45 % des cas un traumatisme initial, l'auteur estime « qu'il n'y a pas de doute que le traumatisme soit une des causes qui ont le plus de poids dans le développement des tuberculoses articulaires ». Ce ne serait pas par la synoviale articulaire que la lésion débuterait, mais bien par la moelle osseuse où les bacilles sont nombreux et que le traumatisme mettrait en état de moindre résistance (serait-ce là l'explication des mauvais résultats obtenus par les interventions chirurgicales dans les tuberculoses osseuses ?). Nous nous demandons cependant comment il se fait qu'expérimentalement ces cas ne peuvent être reproduits. Nous estimons aussi que jusqu'à plus ample résultat nous devons tenir le traumatisme comme sans influence sur le développement possible d'une tuberculose articulaire ultérieure, nous en référant plutôt au laboratoire qu'à la clinique où dans ces cas il est toujours malaisé d'établir les antécédents avec leur valeur respective.

Il serait à désirer que ces intéressantes expériences fussent poursuivies, car l'importance du problème est grande, tant au point de vue du traitement préconisé actuellement par Calot pour les tumeurs blanches, qu'au point de vue si actuel des responsabilités encourues pour les suites des accidents du travail.

Les alternances morbides — Qui ne se souvient avoir connu quelque brave vieux portant ici ou là, mais de préférence à l'aine ou au coude, une petite ulcération volontairement entretenue, un cautère, que pour rien au monde il n'aurait voulu laisser se

cicatriser : cela le préservait, disait-il, d'être affligé d'autres maux. D'autre part c'est encore une croyance très répandue dans le peuple, et même ailleurs, qu'on ne peut, sous peine d'accidents graves, guérir certaines maladies de la peau, les croûtes de lait des enfants et surtout la transpiration des pieds. Nous n'en sommes plus à admettre ces idées ; de ces restes de l'ancienne médecine, les praticiens modernes, suivant en cela l'école de Vienne, ont fait bon marché. Cependant avons-nous eu tout à fait raison ? Le Dr Pautrier prétend que non et dans un récent travail tend à remettre partiellement en honneur la vieille théorie (1).

Avec certains spécialistes français et non des moindres, Gaucher, Brocq (hôpital St Louis) l'auteur croit à la vérité des idées anciennes et, s'il ne les accepte pas en bloc, tout au moins est-il partisan de la théorie des alternances morbides à la peau et aux viscères.

A l'appui de sa thèse il cite trois exemples personnels. Deux seulement sont à retenir, croyons-nous : dans le premier de l'asthme et de la bronchite alternent avec de l'eczéma, dans l'autre de l'érythrodermie et du prurit sont remplacés chaque fois qu'on les traite par de la congestion pulmonaire et de l'albuminurie. L'auteur tire de ces observations cette conclusion pratique que nous ne pouvons qu'approuver entièrement : Il commence par s'élever contre le spécialiste pur et demande que plus que jamais celui-ci soit avant tout et toujours médecin. Car presque toujours ce qu'il faut traiter principalement c'est non pas ici la peau, là l'œil, là une oreille ou une articulation malade, mais un état général défectueux. Le spécialiste doit donc, avant tout, être médecin comme ses confrères et posséder en outre sa spécialité, ce qui malheureusement n'est pas toujours le cas.

Pour le reste faut-il ajouter foi à cette question des alternances morbides ? Nous croyons qu'après une généralisation injustifiée faite par l'ancienne pathologie nous avons eu une réaction, exagérée elle aussi. Et que s'il ne faut pas systématiquement, comme on l'a fait, refuser de faire disparaître toutes les dermatoses ni prétendre les guérir toutes, il est certains cas, rares peut-être, mais réels, où il faut savoir s'abstenir, comme les anciens médecins, bons observateurs et bons cliniciens, l'avaient remarqué. Ces cas se rencontreront principalement, pensons-nous, là où la dermatose n'est que la manifestation d'un état général défectueux..C'est pour reconnaître et traiter convenablement ces cas

(1) Bulletin médical, janvier 1911.

que le spécialiste aura besoin du secours de toutes ses connaissances médicales, de tout son art.

L'Anaphylaxie. — L'anaphylaxie est une maladie du sérum sanguin, connue depuis peu. Elle est produite par une infection quelconque, des injections répétées de toxines dans l'organisme, ou plutôt de n'importe quel corps étranger, et se manifeste par une sensibilisation toute particulière de l'individu pour cette infection, pour ces toxines, ce corps étranger. L'indice opsonique diminue, il y a disparition du pouvoir agglutinant normal ; le sérum possède pendant le temps que dure l'anaphylaxie une propriété spéciale favorisant le développement de l'infection, de l'empoisonnement initial (Courmont). Au cours d'une série d'injections d'un sérum quelconque, le malade est pris de symptômes d'empoisonnement : céphalée, nausées, ascensions thermiques, anémie parfois intense, phénomènes qui se reproduiront en s'aggravant à chaque nouvelle injection, même si la quantité injectée est moindre. Au lieu de produire l'accoutumance, comme normalement il devrait se faire, on obtient ici l'inverse : une sensibilisation.

Dès lors beaucoup de phénomènes s'expliquent. On avait déjà constaté qu'il valait mieux, dans le croup, dans le sarcome, par exemple, injecter d'emblée 30 cmc. de sérum que deux fois 10 ou 15 ; et surtout que d'agir par petites quantités de 0,50 souvent répétées : non seulement l'effet était plus prompt, ce qui se conçoit aisément, mais la réaction sérique était moins forte, ce qui faisait que l'injection unique était beaucoup mieux supportée. C'est probablement à des symptômes d'anaphylaxie que ces phénomènes doivent être rapportés. Anaphylaxie vraisemblablement aussi que cette sensibilité présentée par certaines personnes à l'égard de tel ou tel aliment, cette intolérance inexplicable pour un médicament donné, ces cachexies survenant sans cause apparente au cours d'un traitement par les rayons X, ces accidents graves observés dans les cures au Salvarsan où celui-ci est injecté à petites doses. On s'expliquerait ainsi comment, alors qu'une première chloroformisation a été bien supportée, une seconde, entreprise peu de temps après, cause souvent des dérangements pénibles. C'est par l'anaphylaxie encore que s'expliquerait la marche exceptionnellement rapide qu'affectent parfois certaines maladies. Peut-être beaucoup d'autres phénomènes inexpliqués jusqu'ici devront-ils encore lui être rattachés par la suite.

Dr Jos. Boine.

LA MÉTÉOROLOGIE ET LA PRÉVISION DU TEMPS [1]

Tout le monde parle de la pluie et du beau temps, et il n'est pas rare qu'on en prenne occasion pour médire de la météorologie. On y serait moins porté si l'on avait réfléchi aux multiples éléments qui interviennent dans la prévision du temps, à la part d'imprévu qu'ils renferment et aux conditions très précaires dans lesquelles les météorologistes se trouvent placés pour induire, du temps qu'il a fait ou qu'il fait, le temps qu'il fera. Jugeant d'humeur moins chagrine leurs inévitables mécomptes, on apprendrait à apprécier leurs louables efforts, et, loin de méconnaître les services qu'ils nous rendent, on se plairait à les rappeler.

C'est cette situation que nous voudrions envisager. Nous serons amené à signaler la cause principale des insuccès relatifs de nos météorologistes et le remède qui, selon nous, devrait y être apporté.

La météorologie, comme beaucoup de sciences d'ailleurs, a eu une enfance longue, d'autant plus longue que les phénomènes dont elle s'occupe sont plus complexes, plus enchevêtrés, et presque toujours inaccessibles. Au surplus, elle ne peut compter que sur l'ob-

(1) Conférence faite à l'assemblée générale de la Société scientifique, le 25 janvier 1912.

servation, dans le sens strict du mot : le champ de l'expérience lui est quasi fermé, car les forces dont l'homme dispose jusqu'à ce jour sont beaucoup trop réduites pour lui permettre de produire des modifications notables dans les phénomènes atmosphériques.

C'est être généreux que d'appeler *Science* la météorologie des siècles passés où l'on se bornait à constater les faits, à les observer d'aventure le plus souvent, dans de très mauvaises conditions. Quant à saisir, ou à expliquer le mécanisme des phénomènes, on ne s'y arrêtait guère — c'était un point secondaire — aussi, le vrai but final de la météorologie, *la prévision du temps*, était-il entièrement négligé, laissé à l'arbitraire ou exploité par des charlatans.

Les Galilée, les Torricelli, les Pascal, les Celsius, et plus près de nous les Lavoisier, les Laplace, les Lamarck, les Arago, les de Humboldt, etc., durent jeter quelques grains de leur génie dans cette terre vierge qu'était la météorologie, pour attirer l'attention sur sa débordante fécondité ! Des parrains de cette valeur honorent une science et lui donnent un droit de cité, d'autant plus légitime que les questions qu'elle embrasse sont d'un intérêt mondial.

De nos jours, la météorologie a conquis le suffrage de tous les hommes de science ; elle a du reste fait ses preuves, comme nous aurons l'occasion de le voir.

Jetons d'abord un coup d'œil sur l'état actuel de nos connaissances au point de vue de l'atmosphère dans laquelle nous vivons.

La Terre peut être considérée comme une sphère légèrement renflée à l'équateur, où son rayon est de 6377 km., tandis que le rayon polaire a une vingtaine de kilomètres en moins.

Jadis on entourait ce globe d'une couche d'air de composition uniforme, mais dont la densité allait en

décroissant jusqu'à la limite de l'atmosphère que l'on croyait être à environ 50 km. au maximum (sans décroissance de densité la couche n'atteindrait que 7900 m.). La science moderne a reculé la limite de l'atmosphère et modifié totalement nos idées au sujet de sa composition.

Bien que la densité de l'air aux grandes altitudes soit encore problématique et que sa valeur ne repose que sur des hypothèses, nous pouvons dès maintenant considérer comme à peu près certain qu'il existe d'abord une couche basse de 3000 m. environ, qui est le siège de mouvements irréguliers et complexes, et dans laquelle naissent presque tous les nuages qui donnent la pluie et la neige.

Il existe ensuite une région allant à peu près de 3000 à 10 000 m. dans laquelle les divers phénomènes météorologiques, variations de température, de direction, de pression de vent, etc., semblent se conformer à des lois plus générales ; à mesure qu'on s'élève dans cette zone les nuages se font rares et l'on rencontre plus de stabilité que dans la zone précédente.

Au delà de 10 000 m. est une zone dite d'inversion, parce que la température, au lieu d'y décroître avec la hauteur, s'élève au contraire d'une certaine quantité ; l'air y est très sec, et la vitesse du vent très réduite.

On estime que ces couches contiennent les trois quarts de la masse totale d'oxygène et d'azote qui recouvre la terre, une fraction plus grande encore d'acide carbonique et presque toute la vapeur d'eau.

Au surplus, nous savons aujourd'hui que l'air contient de l'argon, du néon, du krypton, de l'hydrogène et de l'hélium. A mesure que nous nous élevons dans l'atmosphère et que sa stabilité croît, les gaz constituants ont une tendance à se répartir comme si chacun d'eux existait seul ; l'on est tenté d'admettre que les couches limites de l'atmosphère seraient à peu près

composées uniquement d'hydrogène mélangé d'un peu d'hélium et d'un restant d'azote.

En résumé donc, la Terre peut être considérée comme entourée d'abord d'une couche dense dans laquelle se produisent les troubles qui déterminent nos changements de temps, surmontée d'une couche beaucoup plus élevée, qui flotte sur la première à peu près comme de l'huile flotte sur l'eau, couche dans laquelle nous avons peu d'espoir de pouvoir jamais pénétrer.

Jusqu'où s'étend en réalité l'atmosphère ?

Intéressante question, mais qui est loin d'être résolue ! Les estimations sont très variables suivant les phénomènes que l'on prend comme point de départ. Les chiffres varient de 80 à 300 et même 400 kilomètres, mais la partie qui nous importe le plus ne paraît guère s'étendre au delà de 15 kilomètres.

On a calculé le poids de l'air ; il est représenté en kilogrammes par un nombre donné par le chiffre 6 suivi de 24 zéros ! Soit six mille sextillons de kilogrammes ! Ce poids est énorme et cependant l'épaisseur de la couche d'air est bien faible par rapport aux dimensions du globe. En effet si nous représentions la Terre par un globe de 2 mètres de diamètre, la couche d'air dans laquelle nous évoluons devrait être représentée par un léger duvet de 3 millimètres à peine d'épaisseur, d'où émergerait une substance plus vaporeuse encore et qui n'atteindrait guère que 2 à 3 centimètres, en admettant une hauteur moyenne de 200 kilomètres pour l'atmosphère.

La Terre tourne sur elle-même en même temps qu'elle exécute sa translation autour du Soleil, et c'est le Soleil qui est la principale cause de tous les phénomènes dont nous allons parler.

Le Soleil agit surtout par la chaleur qu'il nous envoie, et bien que nous ne recevions que la demi-milliardième

partie de l'immense quantité de calories que cet astre émet, la quantité de chaleur interceptée par la Terre en un an dépasse probablement de très loin l'idée que nous pouvons nous en faire.

En effet, supposez que depuis le commencement de l'ère chrétienne, nous ayons eu tous les ans, à la surface du globe, une production de houille, de bois et de pétrole égale à celle que nous avons maintenant, et que nous ayons brûlé *en une fois* ce produit de vingt siècles de labeur nous aurions obtenu à peu près autant de calories que nous en recevons du soleil en...30 heures!! Pas même un jour et demi!

Si notre globe était uniformément composé de matériaux homogènes solides ou liquides, ou même si de semblables matériaux étaient symétriquement répartis par rapport à l'équateur, les phénomènes météorologiques auraient une toute autre allure que celle que nous leur connaissons ; mais l'inégale répartition des terres et des mers, l'excès des eaux sur les terres, l'hétérogénéité des terres, leur relief, etc., tout cela oppose une première barrière à une régularité d'action.

En effet, supposons un instant l'atmosphère en parfait état d'équilibre. Voici le Soleil qui se lève et déverse sur nous ses rayons vivifiants ; son action, qui va en croissant jusqu'au début de l'après-midi, sera plus grande sur les terres que sur les eaux, les premières étant, peut-on dire, plus réceptives, et la grande mobilité des particules gazeuses aidant, voilà déjà l'équilibre rompu ! Il tendra à se produire au-dessus des terres des courants ascensionnels, créant un vide sous eux, lequel sera bien vite comblé par l'afflux d'air venant des régions voisines.

Ajoutez à cela que tous les méridiens du globe viendront successivement se présenter sous le Soleil, en marchant de l'Ouest vers l'Est et passant par le Sud;

n'oubliez pas que les durées et les effets d'insolation seront bien différents, suivant l'heure, suivant les saisons, suivant les latitudes, suivant que l'air que vous considérerez sera pris au fond d'une vallée, au flanc d'une montagne ou au sommet d'un glacier ; ne perdez pas de vue qu'un simple petit nuage, qui passe devant le Soleil, projette une ombre qui vient balayer le sol, et que l'effet de ce léger voile peut réduire momentanément sous cette ombre la valeur actinométrique de 40 %, creusant ainsi un vrai sillon de froid relatif, au sein de la masse ; enfin, sachez aussi que toute particule d'air qui s'élève, ne fût-ce qu'à 100 mètres au-dessus du sol, n'est plus soumise au même régime de forces qu'à la surface de la Terre !

Par la pensée, réunissez tous ces effets et vous n'aurez aucune peine à vous représenter le tohu-bohu qui doit régner au sein de cette masse atmosphérique !

Dès que l'on eut reconnu le rôle si important que la chaleur joue dans l'air, on chercha à trouver les lois qui régissent ces variations. De Humboldt eut l'heureuse idée de reporter sur une carte toutes les températures prises au même moment à la surface du globe, en ayant soin de les ramener d'abord à leur valeur au niveau de la mer. Il joignit ensuite les points d'égales températures par des traits continus, et il obtint ce qu'il appela les courbes *isothermes* ; il parvint ainsi à comparer facilement les températures aux autres éléments météorologiques.

Nous savons que l'air exerce des pressions à la surface de la Terre, lesquelles nous sont révélées par l'observation du baromètre. Une première conséquence des effets de la chaleur, c'est que les couches d'air, au lieu de rester réparties concentriquement et uniformément autour du globe, s'accumulent en certains points pour y produire des excès de pression, tandis qu'en d'autres points au contraire on constate des minima de pression.

Grâce à la représentation de ces états par des courbes du même genre que les isothermes, mais auxquelles on donne cette fois le nom d'*isobares*, on réussit à débrouiller ce chaos, à trouver sur le globe des régimes de basses pressions ou régimes cycloniques, et des régimes de hautes pressions ou anticycloniques.

Les isobares de dépression rappellent les lignes de niveau d'un terrain creusé en cuvette, tandis que celles de pressions plus fortes rappellent les terrains mamelonnés et montueux ; leurs formes sont très souvent elliptiques, les ellipses étant généralement plus allongées sur mer que sur terre. Les aires couvertes par ces régimes s'étendent presque toujours sur des millions de kilomètres carrés, c'est-à-dire sur des pays entiers.

D'habitude on trace les isobares à des écarts de 5 millimètres de pression (760^{mm}, 765^{mm}, 770^{mm}, et ainsi de suite) ; quelquefois et quand on le peut, on interpose les courbes de variation de millimètre en millimètre.

Le degré d'écartement des courbes caractérise l'intensité des troubles dans l'équilibre de l'atmosphère, on peut l'exprimer par le *gradient*. Le gradient évalue la différence de pression entre deux points distants de un degré, (soit 111 kilomètres 111 mètres) mesurés, bien entendu, sur une ligne qui coupe les isobares à angle droit.

Un gradient de 2, 3, 4 millimètres, etc., signifie donc, qu'en se déplaçant normalement à la direction des isobares de 111 kilomètres on trouve des écarts de pression de 2, 3, 4 millimètres (soit dit en passant, des gradients de 4 à 5 sont déjà rares, bien qu'exceptionnellement on en ait observé qui atteignaient 8, 10, 12 millimètres et plus encore).

Les dépressions atmosphériques, qui sont plus fréquentes en hiver qu'en été, se répartissent presque toujours sur des zones de prédilection ; pour l'Europe, par exemple, une de ces zones s'étend du Nord de l'An-

gleterre vers les côtes de Norwège, une autre couvre l'Angleterre, le Danemark et le sud de la Suède, enfin une troisième s'étend au-dessus du golfe de Gènes, de l'Italie, de l'Adriatique et des États balkaniques.

Ces dépressions ne sont pas fixes, elles se déplacent en général de l'Ouest vers l'Est avec des vitesses très variables, mais qui sont en moyenne de 20 à 25 kilomètres à l'heure. Si l'on marque sur une carte la trajectoire de la partie centrale de la dépression, on constate qu'assez souvent cette trajectoire a une forme parabolique dont la concavité est tournée vers le Sud bien qu'en somme elle puisse présenter un autre tracé, avoir des points d'arrêt, des points de rebroussement, etc. ; ajoutons encore qu'en cours de route les dépressions peuvent se combler ou se creuser davantage.

La courbe que donne un baromètre enregistreur (courbe de 8 jours) rend très bien compte de ces effets. La pression est-elle restée à peu près constante, le tracé de l'aiguille sera à peine ondulé ; une dépression a-t-elle passé au-dessus de l'appareil, la courbe l'indiquera par une dénivellation d'autant plus accentuée que la dépression aura été plus forte ; au contraire, une pression plus grande s'est-elle fait sentir, la courbe de l'enregistreur donnera une surélévation.

Les variations de pression dont nous venons de parler ne se produisent que grâce à des déplacements d'air ; or, qui dit déplacements d'air, dit vents, et ces vents sont évidemment de vitesses et de pressions variables. Cette question a été étudiée et l'on est parvenu à trouver des règles, les unes découlant de la simple analyse des faits, les autres dérivant au contraire d'observations longues et laborieuses. Ainsi on sait que, toutes choses égales d'ailleurs, le vent croît avec le gradient et par conséquent avec le rapprochement des isobares ; on sait aussi qu'à égalité de gradient, le vent est plus fort sur mer que sur terre et ce

à cause du ralentissement par frottement à la surface du sol.

On a trouvé encore que, dans le cas d'une dépression, par exemple, une particule d'air ne se déplace pas vers le centre de la dépression, comme le ferait un grain de sable allant combler le fond d'une cuvette, mais que, grâce à la rotation de la Terre et à l'effet de la force centrifuge, l'air se meut autour du centre de la dépression, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour l'hémisphère Nord, et dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Sud, formant ainsi des sortes de spirales convergentes vers le centre.

Mais, comme on a constaté que, malgré ces apports incessants d'air vers le centre, il arrive souvent que la dépression subsiste plusieurs jours et que parfois même elle se creuse davantage, on en a déduit que l'air devait s'échapper du centre à mesure qu'il y arrivait, or il ne peut s'échapper par la périphérie, puisqu'il y a sans cesse nouvel afflux d'air, et il ne peut s'échapper non plus par le bas, où se trouve le sol, il ne lui reste donc qu'une issue, c'est vers le haut.

L'observation a confirmé cette hypothèse, car l'on a constaté que l'air, tout en tournant, monte vers le centre en se rapprochant du mouvement circulaire et qu'arrivé à une certaine hauteur il est expulsé en suivant cette fois un chemin divergent.

Si la dépression se creuse, c'est qu'il sort plus d'air qu'il n'en entre, et l'inverse se produit si la dépression se comble.

Il y a donc ici un phénomène analogue à ces remous que nous voyons se former au ras du sol, au moment d'un orage, lorsque de petits tourbillons entraînent, dans un mouvement de giration, les poussières, les feuilles mortes, etc. Mais c'est, bien entendu, avec cette différence, que les dépressions peuvent couvrir des millions de kilomètres carrés, tandis que la hauteur

n'atteint jamais que quelques kilomètres ; les mouvements ascensionnels verticaux sont donc beaucoup trop petits pour être perçus directement et ce n'est qu'en reportant la direction du vent sur la carte des isobares que nous percevons l'allure générale du mouvement.

Il va de soi que dans les anticyclones tous les effets sont renversés.

Inutile d'ajouter que les vents locaux alizés, fœhn, sirocco, mistral, voire même les brises de montagnes, les brises de mer ou de terre, etc., peuvent, suivant leur intensité, jouer un rôle dans le phénomène et en masquer parfois les effets principaux.

Ne perdons pas de vue non plus que, quand nous parlons du déplacement des dépressions, ce terme ne doit pas être pris au sens strict du mot. Une dépression ne se transporte pas en bloc, pas plus que l'eau ne se déplace latéralement, lorsque nous jetons une pierre dans un bassin. Les rides ou les ondes circulaires ont bien l'air de ramener l'eau vers les bords du bassin, mais un simple morceau de bois ou de liége, lancé à la surface de l'eau, vous prouvera que ce mouvement n'est qu'une illusion. Il en est de même pour le déplacement des dépressions, ce ne sont en somme que les variations de la pression qui se propagent.

Nous venons de voir que trois grands facteurs : températures, pressions et vents, entremêlent sans cesse leurs effets, mais il y a encore d'autres causes secondaires qui interviennent dans le jeu des éléments atmosphériques, je ne puis citer ici que les principales.

L'air dans lequel nous vivons contient en tout temps des quantités variables de vapeur d'eau. Les hygromètres, psychromètres, etc., permettent de mesurer sa quantité, sa tension, etc., et de savoir si l'air est plus ou moins éloigné de son point de saturation.

Les changements de température, les mouvements ascendants ou descendants de l'air, vont, à un moment donné, produire des saturations, des condensations, des agglomérations et des précipitations qui nous donneront de la rosée, des brumes, des brouillards, des nuages, des pluies ou des neiges. Ces manifestations seront peut-être localisées, mais elles n'en joueront pas moins un rôle dans l'économie météorologique.

L'air est aussi perpétuellement dans un certain état électrique ; il est *ionisé* : il contient des ions positifs et des ions négatifs, provenant soit des substances radioactives incluses dans le sol, et auxquelles l'air va se mélanger en temps de haute pression ; ou bien encore, l'air s'ionise sous l'action des rayons ultra-violets du Soleil, peut-être même sous l'action d'une matière radioactive encore inconnue qui existerait dans l'air.

Peu importe du reste le mode d'ionisation, mais cet air ionisé produit à certains moments des phénomènes locaux, grêles, orages, etc...

Enfin, l'air contient encore en suspension en nombre prodigieux des poussières solides de toute nature, minérales et organiques ; voire même des poussières liquides suivant la théorie récente et très ingénieuse d'un physicien français, M. Langevin. Un centimètre cube d'air, pris dans un jardin de grande ville, peut en contenir au-delà de 100 000 et dans l'air d'une salle on peut en trouver plus d'un million par centimètre cube !

La présence de ces poussières diminue la transparence de l'air, mais facilite son échauffement sous l'influence des rayons solaires et, de plus, chaque poussière devient un noyau propice à la condensation. Ces effets sont du reste très visibles aux environs des grandes villes, qui sont pour ainsi dire plongées dans une brume permanente. Cela se constate d'une façon frappante lorsqu'on se dirige du littoral où l'air est relativement

très pur, vers l'intérieur du pays, et que l'on arrive dans le voisinage d'un centre industriel tel que Gand, par exemple, on voit de loin, surtout par temps très légèrement brumeux, les clochers de la vieille cité de Van Artevelde émerger d'une sorte de brouillard grisâtre. Il est vrai que les cheminées de Gand déversent à elles seules en 12 heures, sur la ville et ses environs, plus de 8000 kilogrammes de noiret ou noir de fumée ! A Londres il en tombe 210 000 kilogrammes par jour ; aussi qui ne connaît les fameux brouillards de Londres !

Rien d'étonnant qu'au voisinage de ces centres l'état atmosphérique soit différent de ce qu'il est à quelques kilomètres de là.

Nous venons d'envisager sommairement les principales causes qui produisent les nombreuses modifications météorologiques auxquelles nous pouvons nous attendre.

Pour s'orienter au milieu de ce chaos, le météorologiste devrait pouvoir s'élever en vigie à une hauteur lui permettant d'embrasser d'un coup d'œil la situation atmosphérique de l'ensemble d'un continent, et alors, en lui supposant connues les lois qui régissent la succession des événements, il serait à même de prédire ce qui va se passer.

Mais, hélas, c'est là une utopie !

Grâce à la télégraphie cette utopie a cependant pu être réalisée, tout au moins en partie et théoriquement.

En effet, toutes les stations météorologiques du globe font à certaines heures des constatations de températures, de pressions, etc. Parmi ces stations, il en est qui constituent des stations centrales, appelées à recevoir télégraphiquement, à des heures convenues, les résultats d'un certain nombre de stations réparties dans un rayon donné.

En Belgique, nous recevons ainsi les observations d'une cinquantaine de stations; Paris reçoit au delà

de 150 télégrammes, dont 55 proviennent du réseau météorologique français ; à Hambourg, le Deutsche Seewarte reçoit les avis de 125 stations, et ainsi de suite.

Dans ces stations principales tous les éléments reçus sont reportés sur des cartes ; on se sert de signes conventionnels pour simplifier les opérations. Généralement on dresse une carte des isothermes et de l'état du ciel, et sur une autre carte on reporte les isobares, les directions et les vitesses du vent; ces opérations terminées, l'utopie de tantôt est presque réalisée, le météorologiste a sous les yeux la situation atmosphérique de toute une partie de territoire et son rôle de prophète va commencer !

J'emploie ici à dessein le mot *prophète*, non pas dans le sens vrai du mot, mais par extension, car le météorologiste ne peut hélas se prévaloir de l'inspiration divine et il en est réduit à annoncer l'avenir par voie de conjecture ; il lui arrive alors fatalement des mécomptes qu'on ne lui pardonne guère, bien que nous soyons tous d'accord pour reconnaître que *nul n'est prophète en son pays !*

Mais, d'où lui viennent ces mécomptes ?

Le météorologiste envisage d'abord la situation des centres de pressions et de dépressions — car ce sont réellement les centres d'action — la clef de voûte de tout son travail.

Grâce aux cartes synoptiques qu'il a sous les yeux, il cherchera d'abord à prévoir ce que tendent à devenir ces centres. Pour solutionner le problème il lui faut le coup d'œil juste et rapide du professionnel. J'ai ajouté *rapide*, car ne l'oublions pas, les longues dissertations lui sont interdites : le public attend, le bulletin doit être à l'impression à telle heure. Vous voyez combien son rôle est facile !

A priori, nul ne peut *affirmer* ce que deviendra, par exemple, une dépression. Elle peut se combler en quel-

ques heures, alors que tout faisait supposer qu'elle allait se creuser davantage; elle peut se diriger vers le Nord, alors que selon toute apparence elle avait au contraire une direction indiquée vers le Sud, et il suffit pour cela que, dans les régions moyennes ou élevées de l'atmosphère (où nous ignorons ce qui se passe), il survienne l'une ou l'autre petite perturbation, un fait qui peut sembler anodin à priori, un léger changement de température, une variation dans la direction du vent, etc., et voilà déjouées toutes les prévisions du météorologiste le plus perspicace !

Heureusement, il n'en est pas toujours ainsi et souvent il peut tabler sur des analogies — les mêmes causes devant produire les mêmes effets — il a donc des chances de prédire juste.

A mesure que nous avançons, ces chances augmentent ; la science refoule les règles empiriques qui font place à des règles logiques et basées sur des observations sérieuses.

A cet égard je ferai remarquer qu'il est toujours imprudent de rejeter à priori une théorie nouvelle, alors même qu'elle ne présenterait qu'un semblant de vérité. Agir de la sorte serait lâcher peut-être le fil d'Ariane, capable de nous guider au milieu du dédale!

Qu'il me soit permis à ce propos d'applaudir aux efforts d'un météorologiste français, qui, sans être un professionnel, me semble avoir été très heureusement inspiré dans l'énoncé de certaines règles relatives à la marche des pressions et des dépressions. Je veux parler de M. Guilbert, le secrétaire de la commission météorologique du Calvados et qui fut en Belgique le lauréat du concours international de la prévision du temps, institué à Liége, à l'occasion de l'Exposition universelle.

Je ne puis entrer ici dans des considérations d'ordre technique ; qu'il me suffise de dire que la méthode

de M. Guilbert est en somme l'application à la météorologie de la loi si rationnelle de Lenz, ou, si je puis m'exprimer ainsi, de la loi des réactions.

Oh ! je sais que les météorologistes officiels ne partagent pas toujours l'avis de ce qu'ils appellent les profanes, c'est un sentiment très humain et que l'on rencontre dans toutes les professions ; mais que les profanes se rassurent, la vérité, d'où qu'elle vienne, finit toujours par triompher.

Il va de soi qu'il ne s'agit jusqu'à présent que de prévisions à brève échéance, s'étendant à 1, 2 ou 3 jours au grand maximum ; quant à la prévision à longue échéance, elle rentre exclusivement dans le domaine du « vieux major » et du « vieux général », et malgré le respect que je dois aux cheveux blancs de ces vénérables vétérans, je ne puis cependant m'empêcher d'exprimer les regrets que j'éprouve en voyant à tout instant la presse quotidienne imprimer les élucubrations de ces messieurs ! La presse ne devrait pas perdre de vue que son rôle est d'éclairer les masses.

Est-ce à dire qu'il faille regarder la prévision à longue échéance comme une chose impossible ? Vous allez conclure vous-mêmes. Remontons aux origines, soit 4000 ans si vous le voulez. Depuis cette époque nous n'avons pas, à la surface entière du globe, dix stations qui puissent nous fournir de bonnes observations météorologiques remontant à plus de 75 ans ! et c'est avec ce maigre bagage que nous voudrions dès maintenant prédire à longue échéance ? Mais, s'il y a eu quelques succès dans cette voie, c'est l'effet du pur hasard. En mettant la main dans une urne qui contient autant de boules rouges que de boules blanches, nous avons tous 50 % de chances de prédire la couleur qui va se présenter !

J'ai entendu objecter : mais, nous ne demandons pas à connaître le temps qu'il fera dans toute l'Europe,

cela nous importe peu, que l'on nous dise seulement le temps qu'il fera chez nous !

Cet égoïsme, le météorologiste n'est pas en mesure de le satisfaire, car le temps qu'il fera chez nous dépendra le plus souvent du temps dont jouiront nos voisins. Malheureusement l'Europe manque de voisins directs du côté Ouest (et ici nous touchons de près à l'une des principales causes d'insuccès de nos prévisions). En effet, examinez un planisphère : l'Europe occidentale et centrale (j'exclus donc la partie Est de la Russie) occupe une cinquantaine de degrés en longitude, mais l'Atlantique occupe à notre ouest au moins autant de degrés. C'est-à-dire que nous n'avons donc pas de voisins de ce côté et que jusque dans ces derniers temps il nous était impossible de savoir ce qui se passait sur cette immense étendue d'eau — tout au plus existait-il 2 ou 3 stations avancées (Stornoway, aux Hébrides, Valentia en Irlande et tout récemment Reykjavik en Islande) qui pouvaient nous donner quelques maigres indications, et nous tâchions d'en déduire ce qui se passait au large.

Or, plus de la moitié des dépressions, principales causes des mauvais temps en Europe, prennent naissance sur l'océan, sans que nous en soyons prévenus autrement que par des indices plus au moins vagues, et qui nous arrivent souvent trop tard.

Mais, me direz-vous, la petite moitié restante des dépressions nous vient alors de l'Amérique, et cette fois au moins le télégraphe nous préviendra à temps ? Hélas, ici encore il faut déchanter !

Il y a quelques années, on croyait à l'infaillibilité de l'annonce des dépressions venant d'Amérique, et le New-York Herald s'était même fait une spécialité de ce genre d'avertissement ; or, il est maintenant prouvé que la valeur de ces pronostics a été considérablement exagérée, car, parmi les dépressions qui prennent nais-

sance en Amérique, une grosse moitié se perd en mer, un quart s'égare dans les régions nord (Groenland, Islande, etc.) et le petit quart restant (soit à peine 12 %) atteint nos côtes, et l'incertitude sur le moment de leur arrivée est encore très grande, attendu que la durée de leur traversée peut être comprise entre 3 et 10 jours !

Vous voyez donc qu'une des principales causes des insuccès de nos prévisions est la situation géographique défavorable, surtout de toute la partie ouest de l'Europe ; c'est un fait dont nul évidemment ne peut être rendu responsable !

Cette cause d'erreur sera notablement réduite, lorsque la télégraphie sans fil permettra aux navires de nous envoyer, à heure fixe, les résultats d'observations faites au large.

Il y a cinq ans déjà, cette question a été agitée pour la première fois en Amérique, elle a été reprise depuis par divers États européens ; des essais ont été faits et n'ont donné que des résultats partiellement satisfaisants. Il est à espérer que sous peu une entente interviendra entre les divers États, et que l'on mettra au point cette importante question qui ferait faire un si grand progrès à la météorologie européenne.

Il y a quelques semaines à peine, un de nos compatriotes, M. Boutquin, Inspecteur de direction à l'administration centrale des télégraphes de Belgique, préconisait l'emploi de postes flottants sur l'Atlantique.

Voici ce que disait à ce propos M. Boutquin (1) :

« Pourquoi les nations ne s'entendraient-elles pas pour constituer un réseau de navires stationnaires, réseau s'étendant en latitude de l'Islande aux îles Açores, et en longitude jusqu'à environ 2000 kilomètres des côtes du continent Européen ? Ces stationnaires

(1) Ciel et Terre, 1911, n° 8.

seraient pourvus de tous les moyens modernes d'investigation scientifique, sans oublier les cerfs-volants pour l'étude de la haute atmosphère et pour soutenir l'antenne du poste de T. S. F. à de grandes altitudes. Ils desserviraient un secteur déterminé. Par T. S. F. ils transmettraient directement, matin et soir, à des postes côtiers désignés, des avis météorologiques pour les prévisions du temps. Ils seraient également en rapport, dans ce but, avec les navires passant dans leur champ d'action. Ce seraient autant d'observatoires flottants qui rendraient d'inappréciables services à la navigation, à l'humanité en général, services d'un intérêt immédiat et autrement tangible pour les peuples que ceux revendiqués par les observatoires terrestres. Cela ne peut se réaliser d'un coup, soit ; mais l'on peut procéder par étapes. Rêve ! Non pas ; rêve qui deviendra une réalité dans un avenir plus ou moins prochain, parce que la logique des choses veut qu'il en soit ainsi. »

Je ne puis qu'approuver de toutes mes forces les idées émises par M. Boutquin et souhaiter qu'elles aient quelque répercussion dans le monde savant européen.

Je crois avoir montré suffisamment les nombreux obstacles qui hérissent le chemin des météorologistes, et vous conviendrez avec moi, je pense, que nous ne pouvons pas leur demander l'impossible ?

D'ailleurs, et ceci est tout à l'avantage des météorologistes — si l'on se donne la peine de faire d'une façon soutenue le pourcentage des réussites de leurs prévisions, on trouve un chiffre qui n'est pas si mauvais. Mieux le bureau central est renseigné, plus il a de chances de voir augmenter ce pourcentage, et à cet égard les grands États sont certainement avantagés.

Ce qu'il y aurait à faire pour faire mieux, ce serait, à mon humble avis, de suivre l'exemple qui nous vient des États-Unis, car c'est là qu'existe la plus admirable organisation météorologique du monde entier.

Elle comporte plus de 3000 postes d'observations, dont une quarantaine au Canada, et près de 300 stations spéciales de rivières, y compris celles des grands lacs; il faut y ajouter 3800 observateurs volontaires, et près de 13 900 correspondants spécialistes pour les récoltes! L'administration utilise plus de 1600 employés, dont près de 200 au *Weather Bureau* central de Washington.

Toutes les observations sont faites rigoureusement au même instant physique (ce que nous sommes loin d'avoir réalisé en Europe!) et sont centralisées avec une régularité mathématique, entre les mains des spécialistes de Washington, et des stations régionales.

Le temps ne me permet pas d'entrer dans le détail de ce magnifique organisme, mais je puis vous assurer qu'au *Weather Bureau* chacun dans sa partie joue un rôle important et porte la responsabilité morale du travail auquel il se livre; aussi la coordination de ces efforts intellectuels donne-t-elle des résultats inespérés.

Le *Weather Bureau* est vraiment le cerveau météorologique américain; il est à même de juger magistralement de la situation atmosphérique qui se présente au même instant sur une immense partie du globe, et grâce à une perspicacité aiguisée par un exercice constant, on y arrive à émettre des prévisions que l'on voit se réaliser jusque 93 et 95 fois sur 100. Pareil chiffre n'a été atteint nulle part ailleurs jusqu'à ce jour!

A l'honneur des Américains, je dois ajouter qu'ils ne lésinent pas quand il s'agit de météorologie; ils savent que les dollars (1 600 000, soit 8 millions de francs) qu'on lui sacrifie tous les ans, seront bientôt retrouvés au centuple. Ils estiment en effet que les bénéfices réalisés grâce à ce service dépassent annuelle-

ment 200 millions ! Aussi des exploitations agricoles importantes se sont-elles reliées à leurs frais, à plusieurs centaines de kilomètres, par fil télégraphique spécial à Washington, en vue d'avoir les prévisions dès qu'elles sont établies.

En Europe au contraire, nous n'avons aucun groupement des États, chaque pays dépense séparement ses efforts et ses ressources pécuniaires, et la prévision du temps est souvent reléguée au second plan.

Ah ! si l'on pouvait concevoir, comme je l'écrivais il y a 5 ou 6 ans, *un bureau du temps central Européen*, noyau d'un réseau étendu et bien étudié, et si chaque État y déléguait un de ses spécialistes, qui s'est distingué dans telle ou telle partie de la météorologie, on arriverait bien vite à des résultats comparables à ceux obtenus en Amérique.

Mais, hélas, notre malheureux chauvinisme étouffe tant d'initiatives généreuses dans notre vieux continent, qu'il est à craindre que de longues années s'écouleront encore avant que nous puissions voir se réaliser ce beau rêve !

En attendant, tâchons de tirer le meilleur profit de ce que nous avons, et au lieu de critiquer nos météorologistes, encourageons-les, et cherchons à seconder leurs efforts, en apportant nous aussi, notre petite pierre, à cet édifice qu'ils érigent et qui intéresse l'humanité tout entière.

Ne l'oublions pas, plus la météorologie sera en progrès, plus elle rendra de services au voyageur, au commerçant, à l'industriel, à l'agriculteur, à l'explorateur, à l'armateur et au marin.

But plus noble encore, parce qu'il est moins mercantile, que de désastres évités et de vies humaines épargnées si nos prévisions étaient plus certaines !

Pour atteindre ce desideratum la météorologie réclame le concours de toutes les bonnes volontés.

Pourquoi ne pourrions-nous pas arriver à avoir aussi en Belgique un réseau d'observateurs volontaires, ce qui compléterait bien à propos nos faibles ressources météorologiques actuelles ?

Les membres de notre enseignement primaire, qui constituent une classe intelligente dispersée dans tout le pays, pourraient jouer ici un rôle actif, d'autant plus que bon nombre d'entre eux habitent des régions où les renseignements manquent sur des étendues parfois considérables.

De par la nature de ses fonctions, la régularité des observations par l'instituteur serait quasi assurée, j'ajouterais même que ces observations ne manqueraient pas d'éveiller la curiosité des enfants ! Que de sujets d'entretien familiers avec de jeunes élèves ! Que d'horizons nouveaux à ouvrir à nos jeunes campagnards ! Quelle œuvre utile que de déraciner peu à peu ces vieux dictons, si souvent faux et surannés, qui ont cours depuis des siècles dans nos campagnes, pour les remplacer par des notions vraies et scientifiques ! Que de satisfaction à apprendre aux nouvelles générations à regarder plus haut que le manche de leur bêche, à interroger les éléments, à lire, ou ne fût-ce qu'à balbutier quelques mots de ce beau livre de la Nature, dont on ne se lasse jamais !

Et si nous passons aux gens du monde ?

Que de rentiers et de châtelains par exemple, passent une grande partie de leur existence à la campagne en désœuvrés et ne sachant souvent comment tuer le temps !

Ah ! s'ils voulaient s'intéresser un peu à l'observation des phénomènes qui se passent autour d'eux. Quelle saine et belle distraction pour des hommes à intellect cultivé et qui peuvent se payer le luxe de quelques dépenses pour l'achat d'instruments ! Ils sentiraient bientôt qu'ils font œuvre utile et humanitaire, ils aban-

donneraient peut-être alors des futilités soi-disant sportives et autres, dont nul ne profite, ils auraient la légitime fierté de soulever ne fût-ce qu'un petit coin du voile qui nous cache tant de mystères de la Création, et ils se sentiraient plus heureux !

L. Van de Vyver,
Professeur à l'Université de Gand.

LE R. P. FERDINAND VERBIEST

D'après Du Halde, *Description de la Chine*, éd. de Paris, 1735, t. 3.

FERDINAND VERBIEST

DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE PEKING

(1623-1688)

(Suite et fin).

V

De 1669 à 1681, Verbiest est dans toute la force de la santé, de l'âge, du talent ; ce sont les années les plus actives et les plus fécondes de sa carrière. La protection de Kang Hi, distante d'abord et un peu hautaine, devient bientôt confiante, puis familière. Chaque jour l'empereur demande à son vice-président du tribunal des mathématiques (2) de diriger de nouveaux travaux ;

(1) Voir la Revue des Questions scientifiques, 3e série, t. XXI, 20 janvier 1912, pp. 195-273.

(2) C'était là à proprement parler son titre, du moins à cette époque. Aussi bien, voici le texte officiel de la délibération du tribunal des offices civils qui demande ce titre pour Verbiest et du décret impérial qui l'accorde :

« Vos serviteurs ont tenu une délibération dont voici le résultat.

» Le tribunal des rites a dit dans un rapport :

« Après avoir délibéré de nouveau, nous avons jugé que, pour le moment, » le tribunal des mathématiques ayant deux vice-présidents, il convenait de » donner à Verbiest le grade de vice-président et de lui confier le soin des » affaires de ce tribunal ; que plus tard une place de vice-président venant à » vaquer, on devrait la donner à Verbiest. Nous prions l'empereur d'ordon- » ner au tribunal des offices civils de proposer la nomination de Verbiest. »

» Il convient que Verbiest soit élevé au grade de vice-président du tribunal

plus souvent encore exige-t-il de lui des rapports ou des mémoires écrits. Ce serait semble-t-il le moment d'en essayer la bibliographie, mais il est impossible de la résumer en quelques pages. Je me contenterai d'un mot sur les deux plus grandes publications de Verbiest. L'une et l'autre sont en chinois et je n'ai pu les lire moi-même, mais l'auteur a laissé sur elles des souvenirs intéressants.

La plus importante est l'*Astronomie perpétuelle de l'Empereur Kang Hi* (1). Voici en quelles circonstances Verbiest fut amené à l'écrire.

Les tables chinoises des mouvements des planètes et les tables chinoises d'éclipses ne s'étendaient qu'à un

des mathématiques, qu'il prenne part à la direction des affaires de ce tribunal ; et que plus tard, une place de vice-président venant à vaquer, il soit proposé pour la remplir. »

Le 1er avril 1669, parut le décret suivant :

« Qu'on suive l'avis donné par le tribunal.

» Respect à cet ordre. »

Choix de documents, lettres officielles, proclamations, édits, mémoriaux, inscriptions... Texte chinois, avec traduction en français et en latin par S. Couvreur, S. J., Ho Kien Fou, 3e édition. Imprimerie de la mission catholique, 1901, pp. 100-101.

Ce volume renferme, avec leurs dates, toutes les pièces officielles relatives à la réforme du calendrier. En voici l'énumération :

1° Mémorial de Yam Quam Siem, président du tribunal des mathématiques (janvier 1669), pp. 87-89.

2° Réponse de Kang Hi (sans date), p. 89.

3° Réponse de Verbiest (janvier 1669), p. 91.

4° Réponse des ministres d'état (30 janvier 1669), p. 93.

5° Réponse de la commission (24 février 1669), p. 95.

6° Le tribunal des rites demande et obtient la destitution de Yam Quam Siem (26 février 1669, suivi d'un décret du 8 mars 1669), pp. 95-99.

7° Uming huen perd le titre de vice-président du tribunal des mathématiques (30 mars 1669), pp. 99-101.

8° Le tribunal des offices civils demande et obtient pour Verbiest le grade de vice-président du tribunal des mathématiques (1er avril 1669), p. 101.

9° Uming Huen est accusé et condamné (juillet 1669), pp. 103-105.

10° Le tribunal des peines demande l'exil d'Uming huen (25 août 1669), p. 107.

(1) Un exemplaire à la Bibliothèque Nationale de Paris. — Voir *Catalogue des Livres Chinois, Coréens, Japonais*, etc., qui sont à la Bibliothèque Nationale, par M. Maurice Courant, t. 2, Paris 1910, pp. 61-62, n. 5003-5006. L'ouvrage est coté N(ouveau) F(onds) Chinois nos 2119, 2104, 2105, 2949.

nombre assez restreint d'années. Kang Hi s'en préoccupait. Causant un jour avec le missionnaire, il lui exprima le désir d'avoir des tables pour 2000 ans. Toujours attentif à saisir les occasions d'obliger le souverain, Verbiest prit aussitôt la réalisation de ce souhait à cœur. Il répartit les calculs entre les astronomes de l'observatoire et formula « une règle aisée », c'est son expression, qui leur permettait de prolonger les tables indéfiniment.

Cette entreprise colossale fut terminée en 1674. L'impression aux frais de l'État en commença immédiatement après et dura jusqu'en 1678. Verbiest en présenta alors lui-même à l'empereur un exemplaire richement relié en soie. Kang Hi fut si satisfait du travail, qu'il en ordonna l'insertion dans les *Annales de l'empire*.

La Théorie, l'Usage et la Construction des Instruments Astronomiques et Mécaniques en 16 volumes précéda l'*Astronomie perpétuelle de l'Empereur Kang Hi* et fut achevée d'imprimer en 1674 (1).

Dans ce traité, nous dit Verbiest, il était sans doute avant tout question des six grandes « machines » de l'Observatoire, mais il exposait encore la théorie, la construction et l'usage de beaucoup d'autres appareils utiles, soit sur terre, soit sur mer, donnait la construction des cartes célestes, le lever des cartes géographiques, etc.

Le texte était en 14 livres ou volumes, les planches en formaient deux. Les huit figures du *Liber Organicus*, deuxième partie du *Compendium* cité ci-dessus ne sont autre chose que les huit premières figures de la

(1) Un exemplaire à la Bibliothèque Nationale de Paris, mais incomplet des 2 volumes de planches. Voir *Catalogue des Livres Chinois*... par Courant, t. 2, p. 45, nos 4923-4925. Coté N. F. Chinois, nos 2108, 3008, 2927. — Voir aussi, dans le même dépôt, trois exemplaires du *Liber Organicus*. Courant : *Catalogue*, t. 2, p. 44 et 45, nos 4918-4920. Coté N. F. Chinois, nos 4926, 4927 et 4928².

Théorie des Instruments astronomiques. Nous avons déjà reproduit plus haut trois de ces figures (FIG. 6-8) ; il nous semble intéressant d'en donner encore deux empruntées aux autres parties de l'ouvrage (FIG. 9 et 10) (1).

La *Théorie des Instruments* valut, en 1674, à Verbiest, le titre de Tay Chang Su, qui lui conférait le mandarinat et la première vice-présidence effective du tribunal des mathématiques ; jusque-là il n'avait été qu'un simple « faisant fonction ». En 1676, Kang Hi le créait Tung Chin Fu Su, pour le remercier de son *Astronomie perpétuelle*. Cette dignité l'élevait à un mandarinat supérieur au précédent (2).

(1) Les figures 9 et 10 sont reproduites d'après l'*Astronomia Europaea*, recueil de planches de l'Observatoire d'Uccle. Le P. Joseph Brucker, S. J. a eu l'obligeance de bien vouloir comparer les épreuves de nos planches sur l'exemplaire du *Liber Organicus* (N. F. Chinois, n° 4926) de la Bibliothèque Nationale. Ce sont les figures (32-33) et 107 de cet ouvrage.

En résumé, et sauf meilleure information, je crois pouvoir affirmer maintenant que les planches du recueil de l'Observatoire qui n'appartiennent pas au *Liber Observationum*, sont, pour la plupart, sinon toutes, empruntées au *Liber Organicus*, et que ce *Liber Organicus* lui-même est une espèce de tirage à part des planches du *Traité des constructions*.

D'après une information qui m'est fournie par le P. Brucker, les gravures du *Liber Organicus* forment deux séries. La première représente toutes les parties et tous les instruments du nouvel observatoire construit sur les plans et sous la direction de Verbiest ; la seconde, précédée d'une préface en chinois, représente les travaux faits pour la construction de l'observatoire et la fabrication des instruments ; les outils et machines employés, etc.. L'*Astronomia Europaea* de Péking n'est qu'une partie du *Traité des constructions*. La date de 1668 du titre n'est pas celle de l'ouvrage, car la préface de Verbiest n'est datée que de 1674.

Verbiest a donc fait plusieurs ouvrages avec les mêmes figures prises en nombre variable. Cette constatation n'est pas faite pour simplifier la bibliographie, déjà si compliquée, de ses œuvres.

(2) En résumé :

1° Par le décret du 1er avril 1669, Verbiest est élevé au grade de vice-président des mathématiques, mais non pas à la place de vice-président. Il en fait les fonctions, sans en avoir le titre, ni les honneurs. Il échappe au mandarinat.

2° En 1674, il devient vice-président effectif et mandarin.

3° En 1678, il devient président.

A chaque nomination, l'humble religieux s'efforçait, mais en vain, d'accepter les charges de l'emploi, sans les honneurs qui y étaient attachés ; toujours Kang Hi refusa. Bien plus, se rappelant l'exemple de Xun Chi à l'égard des parents du P. Schall (1), il anoblit, en 1676, les ascendants de Verbiest (2).

Remarque importante : c'est à partir de cette année 1676 seulement, et en tous cas à partir de 1674 au plus tôt, que l'autorité de Verbiest fut enfin solidement établie à la cour de Péking. Ses biographes ne l'ont pas toujours remarqué et lui attribuent parfois de prime abord, dès 1669 ou 1670, l'influence qu'il s'était acquise à la fin de sa carrière.

C'est une erreur. Loin d'en être ainsi, pendant plusieurs années encore, sinon Yam Quam Siem lui-même, du moins ses tenants, intriguèrent-ils et restèrent-ils puissants.

Une lettre flamande, confidentielle et très curieuse, écrite à son ami Couplet, nous édifiera sur les difficultés de tout genre contre lesquelles le missionnaire se buta pendant les premiers temps.

Difficultés avec ses ennemis déclarés d'abord, Yam Quam Siem et son parti. C'étaient les moins à craindre.

Difficultés avec l'empereur ensuite, souverain jeune, inexpérimenté, influençable, vrai Chinois, soupçonneux et défiant. Pourquoi cet Européen refusait-il si obstinément le mandarinat qu'on lui offrait ? A quel mobile obéissait-il ? Désintéressement ? Calcul ? N'était-ce pas un ambitieux, qui se défiait de l'avenir des mantchous ? Craignait-il un retour de fortune en faveur du

(1) Les décrets qui anoblissent les parents de Schall, sont donnés au ch. XXV de l'*Historica Narratio* de Schall, éd. de Vienne 1665, pp. 264-267.

(2) Les décrets qui anoblissent les parents de Verbiest, sont donnés au ch. XXI de l'*Astronomia Europaea*, pp. 36-40. Ils ont été traduits dans la *Notice* de l'abbé Carton, pp. 34-37.

parti national des Mings ? Avait-il peur de se compromettre ? Se réservait-il ? (1)

Enfin, avouons-le ici, puisqu'il faut bien le dire une fois, il ne manquait pas même à Verbiest un certain malaise avec ses deux vénérables collègues, Buglio et Magalhaens ! Tous les trois étaient officiellement attachés au tribunal des mathématiques ; et cependant lui, le plus jeune, recevait seul tous les honneurs !

« Reverende in Christo Pater (2).

» Pax Christi.

» Faites clairement comprendre à nos supérieurs majeurs, je vous prie, pour quelles raisons je vous écris dans notre langue flamande. C'est de crainte que le sujet de mes lettres ne parvienne à la connaissance de nos ennemis. C'est souvent aussi parce que je n'ai pas le temps d'écrire plusieurs lettres. Voilà pourquoi j'écris à Votre seule Révérence ; mais dans mon intention mes lettres sont adressées avant tout à nos supérieurs majeurs.

» Le roi actuel est encore bien jeune d'âge et de caractère. Il se laisse beaucoup influencer par les

(1) Voir p. ex., la lettre de Jean de Haynin à Charles de Noyelle, datée de Macao 24 février 1675. *Correspondance de Jean de Haynin*, pièce n° IV.

Beaucoup de missionnaires, notamment le dominicain Navarrete, regardaient Kang Hi comme un usurpateur et un « tyran » illégitime, auquel il était défendu d'obéir. On trouve des renseignements curieux sur ce sujet, dans un très long mémoire apologétique de Verbiest intitulé : *Responsum Apologeticum P. Ferdinandi Verbiest Societatis Jesu ad aliquot dubia a P. F. Dominico Navarrete S^ae Congregationi proposita in quibus Patres Societatis Jesu Pekinenses potissimum sugillare videtur* (Collège de la Compagnie de Jésus à Cantorbery, Fonds de l'École Ste Geneviève, Chine 2, rits 1. Copie du temps).

Nous désignerons ce mémoire par les mots *Responsum Apologeticum*.

(2) BB. — Autographe. Correspondance des bollandistes, t. I, pièce 122. Je conserve en latin les mots que Verbiest lui-même a écrits dans cette langue. Cette lettre a été publiée en appendice par N(uyts) dans *Philippe Nutius à la Cour de Suède*, Bruxelles, J. Vandereydt, 1856, pp. 28-29. Nuyts a commis quelques fautes de lecture, qui rendent parfois la pièce inintelligible ou en altèrent le sens.

FIG. 9.
(Cliché des MISSIONS BELGES)

Figures 32 et 33 de la *Théorie des Instruments Astronomiques et Mécaniques*. Le n° 32 est marqué au-dessus de l'oiseau volant ; le n° 33 à l'intérieur de la maison. La figure est reproduite d'après le volume de planches de l'Observatoire d'Uccle. Elle est identique à celle du *Liber Organicus* de la Bibliothèque Nationale, à Paris, N. F. chinois, 4926.

raisons que son entourage lui souffle à l'oreille, ne se décide d'ordinaire pas par lui-même, veut que tout passe par les tribunaux ou Ya Muen ; bien différent en cela de son père Xun Chi, qui, dès sa plus tendre jeunesse, décidait d'autorité beaucoup d'affaires dans un sens opposé à l'avis des tribunaux.

» Le roi a ordonné, ou plutôt s'est résigné à me donner la direction seulement des mathématiques, sans y ajouter le titre de mandarin. Je lui présentai pour cela plusieurs bonnes raisons, contraires à l'avis des tribunaux et des autres mandarins ; car cette discussion a duré trois mois.

» Que Votre Révérence ne s'étonne pas, si le calendrier de l'an prochain paraît signé de mon nom et si l'on m'y affuble du titre de Kien Fo. Nos ennemis circonvenaient encore le roi et ne me permirent pas de faire valoir mes raisons. Oui, ils entendirent me faire l'injure de ce titre de Kien Fo (astronome en second), quand le tribunal de la cour me qualifiait de Kien Chiun (1), c'est-à-dire de chef du corps des astronomes. Voilà pourquoi au 4e mois de cette année, mois où l'almanach s'imprime ordinairement, ils y mirent, contre mon gré, mon nom avec cette épithète.

» Je suis directeur des mathématiques ; ceci veut dire : que les travaux, faits par nous trois (2), me sont le plus souvent attribués à moi seul, en bien, comme en mal ; que dans les procès publics mon nom s'écrit le premier, celui des autres pères après le mien, *en appendice;* que lorsque nous envoyons tous trois en commun des présents, plusieurs des principaux manda-

(1) *Kien* = astronome ; *Fo* = en second, vice, aide, etc. Un colonel, par exemple, se dira le *Fo* du général. *Chiun* = chef, président. Je dois cette explication au P. Van Hee.

J'ai donné ci-dessus le décret impérial du 1r avril 1669, qui précise la situation que Verbiest avait à l'observatoire à cette époque.

(2) Buglio, Magalhaens et lui.

rins me répondent à moi seul. Ainsi, il y a quelques jours, le tribunal Cum Pu m'appelait moi seul, pour me payer 500 taes, prix de notre champ de sépulture, quoique nous eussions écrit tous les trois à Chûy Cu, en notre nom collectif. C'est à moi, qu'on s'adresse toujours ; moi, que les mandarins visitent ; moi, auquel ils demandent des présents et dont ils s'attendent à en recevoir.

» Mes disciples, au nombre de plus de cent, ont rang de mandarin. Xu Pan, Chan Pan, Çao Li et les autres mandarins du Ya Muen me tiennent pour leur maître. Je dois leur donner Xain, en d'autres termes, des cadeaux de remerciements, quand la coutume ou d'autres circonstances l'exigent. Bref M. Smit (1), qui a habité plusieurs mois ici, sait parfaitement ce que demandent la raison et les convenances.

» Pour être à même de remplir complètement et avec dignité ma charge j'ai donc, par écrit, sollicité la permission du père vice-provincial de disposer, soit de l'argent du traitement qui m'est annuellement payé par le roi, soit d'autres revenus de la maison. Mais cette permission devrait m'être accordée avec beaucoup de prudence. En d'autres termes, le père vice-provincial devrait écrire, « tamquam ex proprio motu », sans laisser soupçonner ma lettre aux autres pères d'ici. Tant pour cette raison que pour beaucoup d'autres, je vous écris en flamand. Je ne voudrais éveiller ni susceptibilités, ni défiances !

» L'impression des almanachs, que je dois offrir en présent aux mandarins de la cour, m'a coûté, à elle seule, cette année, 30 taes environ.

» Enfin, toutes les faveurs que nous avons obtenues jusqu'ici, le roi nous les a accordées en prix des services que je lui ai rendus dans les mathématiques. Voilà une raison bien suffisante pour me permettre

(1) Le P. Jacques Le Faure.

de continuer et me fournir des ressources, que d'autres comme moi jugent convenables, pour ne pas dire nécessaires.

» De Votre Révérence le serviteur dans le Christ
» Ferdinand Verbiest.

» De Péking, le 23 janvier 1670 » (1).

Le même jour Verbiest écrivait à Rougemont en termes analogues (2).

D'après ces deux lettres, il faut rabattre de l'enthousiasme qui débordait alors dans la correspondance des autres missionnaires. Leur homme providentiel, dont dépendait l'avenir de la mission, était loin de s'attribuer pareille importance. Rarement le sens exact d'une situation lui fit défaut. Cette fois encore, il voyait juste.

Malgré l'éclat de la réadmission des missionnaires à l'Observatoire, leur position y restait précaire. Intelligent, calme, réfléchi, Kang Hi était incapable de se décider à la légère et d'agir avec précipitation. Sans doute il allait bientôt donner toute sa confiance à Verbiest, mais il le ferait peu à peu et à bon escient. Pour le moment il ne voyait encore en lui qu'un directeur d'observatoire qui promet, un chef des travaux publics paraissant intelligent, adroit, plein d'avenir ; rien de plus. Mieux que les autres pères, l'intéressé s'en rendait compte.

Ce furent l'astronomie et l'art de l'ingénieur qui rapprochèrent l'empereur et le missionnaire. Ces deux sciences étaient pour Kang Hi une distraction et un repos. Rien ne serait plus intéressant que de pouvoir

(1) Adresse :
Ao P. Philippo
Couplet da Com-
panhia de Jesu.

(2) Cette lettre est en flamand, comme la précédente et pour les mêmes raisons. Elle a été publiée dans *Onuitgegeven brieven van eenige paters der Societeit van Jesus missionarissen in China, van de XVIIe en de XVIIIe eeuw*, door P. Visschers. Arnhem, Josue Witz, 1857, pp. 3-5.

suivre, année par année, les longs tête à tête de Verbiest et du souverain. Raides et officiels d'abord, leurs entretiens perdent peu à peu leur contrainte, pour devenir tout à fait intimes. Malheureusement, les documents font défaut. Vers 1669, éclate la longue révolte d'Ou San Guei, au sud ; quelques années plus tard, celle du Caldan et des éleuthes au nord. La Chine est pendant près de dix ans à feu et à sang. Perpétuellement à cheval à la tête de ses troupes, Kang Hi livre combat sur combat. Toute communication est interrompue entre Péking et Macao. Du 10 juillet 1671, au 7 janvier 1678, je n'ai aucune lettre de Verbiest.

Faute de mieux, mettons en œuvre de rares renseignements glanés dans l'*Astronomia Europaea*. Et tout d'abord en voici quelques-uns empruntés au chapitre XII, réédition du *Compendium* de 1674. Cette date a de l'intérêt.

« Il y a quatre ans, dit Verbiest — c'était donc en 1670, — l'empereur me convoqua quotidiennement au palais, dans son propre cabinet. Cela dura l'espace de cinq mois. Il m'y retenait la journée entière dans le seul but d'étudier, pendant ses moments de loisir, les mathématiques et notamment l'astronomie.

» Le premier jour, il se fit apporter tous les ouvrages d'astronomie et d'autres livres de mathématiques, au nombre d'au moins 120, écrits jadis en chinois par nos pères, et résolut de se les faire expliquer tous.

» Je me rendais chaque jour de grand matin à la cour, où j'étais aussitôt introduit dans une salle du palais et je ne pouvais quitter que l'après-midi. Il était souvent trois ou quatre heures quand je rentrais à la maison. J'étais, dis-je, seul à seul avec l'empereur, assis avec lui à une même table, en la présence d'un ou deux pages, tout au plus. Si vif était son désir d'apprendre l'astronomie !

» A midi, un repas très délicat m'attendait à l'inté-

rieur du palais. L'empereur m'y envoyait souvent des mets de sa table, qu'on m'apportait dans des plats d'or. »

Nous apprécions mal aujourd'hui l'honneur fait à Verbiest par un pareil traitement. Il faudrait pouvoir se figurer les mœurs chinoises d'alors et la distance hautaine où l'empereur se tenait de tous ses sujets, quel que fût leur rang. Colaos, petits-rois, proches parents même du souverain étaient obligés, par l'étiquette de la cour, de garder un silence absolu en la présence du monarque, ne lui parlaient qu'à genoux, en fort peu de mots, après en avoir sollicité et obtenu chaque fois l'autorisation.

L'empereur entendit un jour dire par Verbiest que les *Éléments* d'Euclide étaient la base de toutes les mathématiques.

« Aussitôt il m'ordonna, dit-il, de lui en expliquer les six premiers livres, traduits autrefois en chinois par le P. Mathieu Ricci (1). Il en apprit par cœur toutes les propositions de la première à la dernière, avec une véritable constance, j'allais dire de l'obstination. Il savait très bien le chinois et en peignait les lettres avec beaucoup d'élégance ; il fit néanmoins traduire Euclide en tartare pour mieux le comprendre. Entre eux, les grands parlent presque toujours tartare et cette langue est d'un fréquent usage devant les tribunaux. L'empereur eut l'obligeance de désigner un de ses fonctionnaires pour m'enseigner le tartare. J'en ai composé maintenant une grammaire (2). »

Après les *Éléments* d'Euclide, Kang Hi aborda méthodiquement l'arithmétique, puis la trigonométrie

(1) Il y a plusieurs exemplaires de l'ouvrage à la Bibliothèque nationale :
N. F. chinois 2959 et 2356. Courant : *Catalogue des livres chinois*, t. II. Nos 4855-4856.
N. F. chinois 2960, 2355 et 3530. Courant : *Catalogue*, t. II. Nos 4857-4859.
N. F. chinois 1666. Courant : *Catalogue*, t. II. No 4860.

(2) Voir Sommervogel, *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*, t. VIII, Bruxelles, 1898, au mot : *Verbiest*. En 1870, le manuscrit de cette grammaire se trouvait au Collège Romain.

rectiligne et sphérique. Une fois maître de toute cette théorie, il voulut passer à la pratique.

Depuis longtemps il savait calculer une éclipse. Il maniait aussi avec intelligence et adresse les sphères armillaires ; les quadrants, sextants, compas et pantomètres ; les sphères célestes et tous les autres instruments astronomiques. Ses débuts dans les sciences avaient été l'étude des mouvements du ciel.

Cette fois il descendit sur le terrain. Maniant lui-même chaînes, niveaux et cercles gradués, il détermina des hauteurs de tours, des distances de montagnes ; puis prit plaisir à faire vérifier directement à la perche ou à la corde l'exactitude de ses calculs.

« Je vous ai raconté tout ceci un peu longuement, reprend Verbiest, car je voulais d'abord vous montrer combien notre Uranie européenne plaît aux âmes royales !

» Je voulais avertir tacitement ensuite ceux qui prendront un jour ma place, de ne pas hésiter à étudier les mathématiques ; d'y exercer leur intelligence et leur adresse manuelle. Une étoile conduisit jadis les rois mages à adorer le vrai Dieu ; la science des astres conduira de même petit à petit les princes de l'Orient à connaître et à adorer leur Seigneur.

» En ce qui me concerne, les mathématiques m'ont fréquemment fourni l'occasion de parler de religion. Bien plus, l'empereur m'a souvent questionné le premier sur l'unité de Dieu, la transmigration des âmes, l'immortalité, les récompenses et les peines de la vie future, les préceptes du décalogue, la passion de Jésus-Christ, la virginité, les vœux de religion, etc. Tout cela, il l'écoutait et le demandait d'un visage parfaitement serein, intentionnellement bienveillant, invitant presque, dirai-je, à la familiarité. Souvent il m'ordonna de m'asseoir devant lui, me faisant servir de son thé, et me donnant d'autres marques de bonté.

A moins d'une occasion analogue, ces vérités ne sauraient être dites, encore moins expliquées, à de si grands princes ! »

Ce qui précède est écrit en 1674.

Voici maintenant une lettre adressée, en 1681, à Charles de Noyelle, alors assistant de Germanie (1). La comparaison est intéressante. Verbiest y a pris une plume d'homme d'affaires, ménager de son temps, dont il ne se départira plus dans sa correspondance avec les assistants, ni avec le général lui-même. Sans doute il retrouvera encore de temps en temps, mais dans de rares occasions, ses belles périodes de poète et de professeur de rhétorique ; d'ordinaire il n'en a cure. Sa phrase, tantôt heurtée et hachée, tantôt longue, embrouillée, pleine de parenthèses, passant sans transition d'un sujet à l'autre, dénote un homme pressé. L'écriture, de tout temps rapide et mauvaise, contient maintenant des mots presque illisibles. Malgré ce dédain complet de la forme, rien n'est cependant, on le verra, plus attachant que ses lettres. J'essaye de traduire sans trop m'écarter du texte.

« Révérend Père dans le Christ (2).

» Pax Christi !

» Depuis ma dernière lettre, écrite l'an passé à Votre Révérence, voici toutes les nouvelles de la Cour de Péking, résumées dans ma lettre d'aujourd'hui, en forme de diaire, par ordre des mois.

» 1° Vers la fin de l'année 1680, des ambassadeurs (hollandais), venus de leur Nouvelle Batavia, débar-

(1) Charles de Noyelle, né à Bruxelles, le 27 août 1615, entra au noviciat de Malines le 29 septembre 1630 et fut assistant de Germanie de 1661 à 1682. Nommé vicaire général de la Compagnie, le 26 novembre 1681, il fut élu général à l'unanimité des suffrages le 5 juillet 1682 et mourut à Rome, le 12 décembre 1686.

(2) SJ. — Autographe.

quèrent dans la province chinoise maritime nommée Fokien. L'un d'eux, fort lettré, était très entendu en mathématiques, notamment en astronomie. Grâce à une faveur insigne de la Providence, ordre leur fut donné de rester dans la province maritime, et défense intimée de pousser plus loin jusqu'à Péking, suivant leur projet. Aussitôt leurs affaires achevées on les renvoya dans leur Batavia. Ces hérétiques savaient parfaitement que les mathématiques étaient, en Chine, le fondement de notre religion. On entrevoit suffisamment quelles machinations se cachaient sous leur ambassade (1).

» 2° Toujours vers la fin de 1680, quelques troubles eurent lieu dans notre Tribunal d'Astronomie, à propos du calcul d'une éclipse que j'annonçais pour le 4 mars 1681. Contrairement à la manière ordinaire de les calculer, en usage depuis 40 ans dans nos tables, et malgré une opposition unanime, je fis ajouter un mois dans les calculs de l'éclipse. Nos adversaires, encore nombreux, ignoraient qu'un cas analogue s'était déjà présenté une fois pendant cette période de 40 ans. Ils allaient répétant partout que notre astronomie européenne et nos tables étaient fautives, qu'on n'observerait pas cette éclipse, qu'il fallait corriger nos tables, etc.

» Par la théorie des éclipses et les règles de construction des tables, je démontrai que notre astronomie et nos tables n'avaient pas d'erreur. J'en appelai à l'observation de la future éclipse.

» Le 4 mars donc, qui est la fête la plus solennelle de toute l'année chinoise (car c'est le 15e jour du premier mois du nouvel an chinois, jour plus fêté que tout

(1) Le commerce avec les étrangers était absolument défendu aux Chinois. Kang Hi, tout en relâchant petit à petit la rigueur de cette défense, ne voulait pas permettre aux européens de fonder des maisons de commerce en Chine, ni de s'y établir à demeure d'une manière définitive.

autre de l'année) au soir, à l'heure et à la minute déterminées d'avance, tandis que l'empire chinois tout entier avait les yeux fixés au ciel, la lune s'obscurcit précisément du nombre de doigts prédits par le calcul ; preuve évidente de la bonté de notre astronomie et de nos tables.

» D'ailleurs, dans cette éclipse et dans beaucoup d'autres observées ici en public depuis plus de cinquante ans, nous avons souvent pu constater, mes aides et, moi, une protection particulière de la Providence, que je tiens presque pour miraculeuse. Pas une fois on n'a relevé d'erreur notable, ni de divergence entre le calcul et l'observation. Et cependant en Europe, on constate les discordances les plus grandes, même chez les Tychos, les Copernics, les Kepplers et les autres auteurs classiques de même valeur.

» 3° L'empereur Tartare-Chinois, dont, au point de vue humain, dépend toute la mission, continue à nous donner des preuves de bonté et de sympathie. La divine clémence conserve, augmente, confirme en lui de jour en jour la haute idée que, depuis beaucoup d'années, il s'est faite de l'intégrité de notre vie et de nos sciences européennes.

» Il y a sept ans (lors de la révolte inattendue de ces trois petits rois qui, malgré leur propre querelle, se partagèrent la moitié de l'empire), un ordre de l'empereur me fut à plusieurs reprises signifié par l'assemblée des petits rois, qui m'imposait de faire couler 132 grandes bombardes d'airain de divers genres, nommées chez nous « tormenta bellica » pièces de guerre. On les fit partir aussitôt pour les provinces rebelles, où elles obtinrent l'approbation générale et furent reçues avec grande joie.

» A la fin de l'année dernière, 1680, la soumission des rebelles et la récupération de toutes les provinces

avaient appris à l'empereur, par une expérience de sept ans, combien les canons fabriqués d'après nos règles avaient contribué au salut de l'empire. Après avoir de nouveau tenu sur ce sujet le conseil des petits rois et des seigneurs, il m'ordonna de faire fabriquer 320 de ces bombardes plus petites, appelées chez nous *faucons*, et en outre 8 autres du même modèle ornées de dragons chinois dorés. Celles-ci sont destinées à la tente de l'empereur, quand il sort pour la chasse ; il les y fait mettre alors comme si c'étaient autant de gardes particuliers de sa personne.

» Le trésor public a dépensé pour cela environ 50 000 pièces d'argent chinoises, valant au moins 57 000 pièces, dites par les espagnols patacons. Le P. Philippe Couplet, procureur de la vice-province, vous expliquera mieux cette affaire en peu de mots, que je ne le pourrais faire en de nombreuses lettres.

» Quand j'eus achevé les deux premières bombardes d'airain fondues sur ce modèle, l'empereur ordonna de les conduire hors des murs de Péking, dans sa campagne voisine de la ville. Là, il les fit charger à poudre et à boulet, les pointa lui-même vers un but très éloigné, puis ordonna à l'un de ses pages d'honneur de tirer les coups. Les deux bombardes mirent leurs boulets droit au but, où ils s'enfoncèrent profondément.

» L'empereur en témoigna toute sa satisfaction.

» Il passa la journée entière à chasser dans cette campagne immense, nommée fille de la mer, entourée d'un haut mur de plus de 40 000 pas de circuit. Arrivé au milieu de la campagne, l'empereur descendit de cheval, pour y prendre la boisson dite *Cha* (du thé). Il me fit aussitôt verser de cette même boisson dans un vase d'or et me la fit servir en présence de toute la cour, c'est-à-dire, des nombreux princes et seigneurs qui l'accompagnaient.

» A noter cette circonstance particulière : le premier des colaos tartares était assez près de lui et tous les autres principaux seigneurs l'entouraient ; néanmoins il ne fit présenter à boire à aucun d'eux. J'en étais intérieurement troublé au point de garder à peine contenance devant pareille marque de bienveillance.

» 4° Au mois d'avril, l'empereur fit conduire à leur dernière demeure les deux impératrices décédées à peu d'années de distance. En attendant que leurs superbes mausolées, qui coûtèrent plusieurs centaines de mille pièces d'or et d'argent, fussent achevés, leurs corps étaient restés comme gardés en dépôt dans un bourg proche de la cour de Péking.

» Quand on les conduisit à leur sépulture, toute la conr s'y répandit, c'est-à-dire que d'innombrables mandarins suivirent le convoi funèbre en grand et bruyant cortège. Les deux magnifiques cercueils, qui renfermaient les corps, semblaient être de grandes maisons bâties en or très pur. Dix-huit cents hommes les portaient sur leurs épaules, se relayant les uns les autres à des distances déterminées. Six cents mandarins avaient pour tout office de veiller sur les porteurs. Moi aussi je pris part au cortège.

» 5° D'incroyables dépenses sont faites ici chaque année pour parer aux débordements du Croceus (1), fleuve principal de la Chine. Cette année plus de 400 mille pièces d'argent, que nous appelons patacons espagnols, ont été jetées en pure perte dans les eaux du fleuve.

» Voilà les nouvelles courantes. D'autres, concernant plus intimement la mission, seront mieux exposées à Votre Révérence par notre père procureur (2).

(1) Le Fleuve jaune.
(2) Philippe Couplet.

» Sur ce, je me recommande aux Saints Sacrifices de Votre Révérence.

» De Péking, le 15 septembre 1681.

» De Votre Révérence

» le Serviteur dans le Christ.

» Ferdinand Verbiest (1). »

VI

Verbiest réorganisateur de l'artillerie chinoise ! Thème populaire entré presque dans la légende. On oublie les embarras de tout genre, les calomnies, les persécutions même que l'entreprise lui valut. Un religieux, ministre de paix, faire pareil métier ! Fi donc ! C'était ambition pure ! Qu'il me suffise de rappeler ce qu'en disait le dominicain Navarrete (2).

En réalité, Verbiest devint artilleur, parce qu'il ne put pas faire autrement. Kang Hi, chef d'une dynastie guerrière et conquérante, tout absorbé à ce moment par une révolte de ses sujets mal soumis, exigeait en maître ce service ; il n'eût pas un instant entendu badinage sur une hésitation, moins encore sur un refus.

(1) Adresse :

Reverendo in Christo Patri.
P. Carolo de Noyelle
Societatis Jesu
Assistenti Germaniae
Romam

E Curia Pekinensi
Sinarum.

(2) *Tratados Historicos, Politicos, Ethicos Y Religiosos De La Monarchia De China...* Por el P. Maestro Fr. Domingo Fernandez Navarrete... Año 1676... En Madrid. En la Imprenta Real. Por Iuan Garça Infançon. A Costa de Florian Anisson, Mercador de libros. — BR, coté V. 11291.

Cet ouvrage donna lieu de la part de Verbiest à son *Responsum Apologeticum*.

Comme le titre le fait deviner, Verbiest s'y place au point de vue spécial de sa position et de ses travaux à la tête de l'Observatoire.

L'empereur commandait. Le missionnaire crut pouvoir en conscience obéir. Ce fut à contre-cœur, il ne s'en cache pas ; mais n'avait-il pas, pour se décider, l'exemple du P. Schall ?

Verbiest nous fait lui-même, dans l'*Astronomia Europaea* (1), le récit des circonstances, dans lesquelles cet ordre lui fut intimé. Son *Traité de l'usage et de la construction des instruments astronomiques et mécaniques*, dit-il, renfermait quelques pages sur la théorie du pendule et ses applications, notamment sur l'emploi de l'isochronisme des oscillations. « Par manière de digression », il y avait ajouté quelques exemples empruntés au tir des bouches à feu, en y joignant des tables numériques. Ceci se passait la treizième année du règne de Kang Hi, donc en 1674, au fort de la révolte des provinces.

Les insurgés luttaient avec une énergie farouche. Comme d'autres rebelles en des circonstances analogues, ils fondaient le soc des charrues pour en forger des sabres et le bronze des cloches pour en couler des canons. Les gouverneurs des provinces fidèles n'avaient, pour la plupart, sous la main que des troupes mal armées, disposant d'un matériel d'artillerie démodé, parfois même entièrement hors d'usage. Ils s'empressèrent de renvoyer à Péking toutes ces vieilles pièces, réclamant avec instance des canons neufs en échange. Il y eut bientôt dans les arsenaux de la capitale 300 de ces vieilles bombardes. Comme toujours, le tribunal compétent fit rapport à l'empereur. Kang Hi manda Verbiest et, malgré ses excuses, lui confia le soin de rajeunir ce vieux matériel.

Quelques-unes des pièces étaient en bronze, les autres en fer. Beaucoup de ces dernières n'étaient que

(1) Cap. XV. Balistica, pp. 61-68.
Voir aussi le *Responsum Apologeticum*.

rouillées ; il suffisait de les décrasser. Les pièces en bronze furent remises au tour. Bref, par ces deux opérations, 150 pièces, soit environ la moitié, se trouvèrent en état de servir. On les monta sur des voitures. « Avec un bruit épouvantable auquel accourut toute la population de Péking », dit Verbiest, cette batterie énorme fut conduite vers les montagnes, pour y être soumise à des épreuves de tir. A l'unanimité des voix, les experts acceptèrent 149 pièces sur 150 ; une seule fut déclarée défectueuse.

Devant ce succès, le colao, président du tribunal de la guerre, se tourna le visage ravi vers Verbiest : « L'empereur, lui dit-il, accepte tous ces canons comme si c'étaient autant de pièces neuves. Le mérite entier vous en revient, car naguère on les croyait tous hors de service ! »

Cette artillerie lourde, peu maniable, devait voyager par un pays de montagne. Au fond, l'empereur en eût désiré une plus légère ; mais n'en possédant pas et se résignant, faute de mieux, à employer la seule qu'il eût, il s'adressa à Verbiest pour diriger le transport et en organiser tous les détails. « C'était, dit celui-ci, par un mauvais calembour sur le mot latin *tormentum*, canon, m'imposer un tourment plus lourd que ces tourments eux-mêmes ! »

Déclarer le passage par les montagnes impraticable, il n'y fallait pas songer ; l'empereur n'avait pas oublié les blocs de marbre du tombeau de Xun Chi, ni la puissance des cabestans et des moufles. Lui suggérer l'emploi de ces cabestans et de ces moufles, c'était s'exposer à recevoir l'ordre d'aller en surveiller la manœuvre sur place ; corvée longue et ennuyeuse dont Verbiest ne se souciait pas. Prévenant donc le vœu secret du souverain, il lui proposa de doter plutôt son armée d'une artillerie légère. Verbiest la nomme *ligno-metallica*, en bois et métal. Kang Hi approuva.

On tomba d'accord sur le programme à remplir : la pièce pourrait lancer un boulet de trois livres. Quinze livres chinoises, rappelle à ce propos Verbiest, valent un peu plus de vingt livres françaises.

Verbiest prit un premier tube coulé « en alliage approprié », — j'emploie ses propres expressions — qui avait sept pieds de long, deux pouces d'épaisseur à l'âme, un pouce à la bouche. De l'âme à la bouche le tube allait s'amincissant. Le pied chinois, il ne faut pas l'oublier, se subdivise en dix doigts ou pouces.

Ce tube fut entouré de planches concaves, taillées dans un bois plus dur que le chêne d'Europe, maintenues par des frettes en fer mises en place à grands coups de marteau. Il y avait une frette tous les vingt-trois ou vingt-quatre pouces, de manière à enserrer hermétiquement le tube entier. Frettes et chemise de bois dur furent recouvertes d'une deuxième chemise de bois plus léger, retenue elle-même par cinq cercles de métal très travaillés et richement ornés. Cette dernière addition ne pouvait guère contribuer, semble-t-il, à la résistance de la pièce ; c'était plutôt simple question d'esthétique et sacrifice au goût chinois. Tout l'ensemble fut enduit d'une couche de laque couleur d'airain ; vernissage qui avait le double but de protéger le bois contre la pluie et de donner au canon un air redoutable et imposant. Achevée, la pièce pesait mille livres environ.

Verbiest alla la présenter à l'empereur. A ce propos, il raconte avec le plus grand sérieux un trait amusant. En voyant la pièce l'empereur en éprouva autant de défiance que de satisfaction. Il envoya l'inventeur, seul avec un des hauts fonctionnaires de la Cour, faire dans les montagnes, très à l'écart hors des murs de Péking, les essais de résistance de son canon.

On tira huit coups, qui tous portèrent au but. Triomphant le mandarin alla, en toute hâte, faire rapport à

l'empereur. Kang Hi se montra d'autant plus content du résultat, qu'il s'y attendait moins.

Mais l'expert parlait surtout de la justesse de la pièce, quand la préoccupation du souverain portait tout entière sur sa solidité. Balancé maintenant entre l'espoir et la crainte, Kang Hi délégua le lendemain ses principaux généraux, pour aller assister à une nouvelle série d'épreuves.

Renvoyée dans les montagnes, la pièce chargée à boulets fut soumise à un tir continu. Après cent coups, elle n'avait pas souffert. Le but se trouvait à la distance maxima de la portée des pièces du plus gros calibre ; quatre-vingt dix-neuf coups sur cent l'atteignirent, résultat qui parut tenir du prodige. Au but, la force de pénétration du boulet était encore si puissante, qu'il traversait, sans la briser, une planche de quatre doigts d'épaisseur, la perforait d'un trou net et rond, puis allait s'enfoncer de quelques pieds en terre.

Pleinement rassuré maintenant, Kang Hi commanda sur le champ vingt canons du même modèle. On y travailla jour et nuit. En moins de vingt-sept jours ils furent achevés. Verbiest les fit monter sur des voitures à quatre roues, dont les deux premières, formant avant-train, étaient séparables des deux autres qui portaient la pièce. Pendant le tir, l'avant-train se détachait de l'affût. Cette disposition, nouvelle alors en Chine, plut beaucoup. A peine achevée, la batterie fut envoyée dans le Xen Si et remise aux troupes qui combattaient les rebelles, maîtres à peu près de cette province.

Après les vingt premiers canons, pour parer à tout événement, Kang Hi en demanda encore vingt autres, toujours du même modèle. Pour exécuter cette commande et les suivantes, il eut l'attention de faire placer la fonderie et les ateliers de construction si près de la résidence des pères, que Verbiest pouvait s'y rendre, sans perte de temps, chaque fois que sa présence y était utile.

Ce premier travail terminé, Kang Hi décida la construction d'une artillerie de gros calibre, sans bois et tout entière en métal. Sa première commande fut de 24 pièces pouvant tirer un boulet de huit livres.

Aux essais de la première pièce, 96 coups sur 100 atteignirent le but. Alors se produisit un incident qui eut grand succès. L'empereur rentrait de la chasse vers la fin du tir. La nuit tombait. Malgré le déclin du jour, il fit encore élever rapidement une petite butte en terre, en guise de cible, pour se donner le plaisir de pointer lui-même la nouvelle pièce. Après quelques coups, un des boulets porta sur un de ceux qui étaient déjà enfoncés dans le sable de la butte, et le brisa en douze morceaux. L'empereur en éprouva un tel plaisir, qu'il retint Verbiest et lui fit servir un souper magnifique.

Le lendemain Kang Hi commanda 8 nouveaux canons, capables, cette fois, de tirer des boulets de 10 livres, puis d'autres encore. Bref, le nombre de pièces en construction fut bientôt de 132. D'emblée toutes les coulées furent si heureusement dirigées, qu'à peine une pièce ou l'autre dut repasser par la forge. La dépense totale fut de 40 700 patacons espagnols.

Au terme du travail, une dernière difficulté restait à vaincre. D'après les traditions de la Chine — et l'on sait si le chinois y est attaché ! — chaque canon eût dû être signé du nom de Verbiest. Jadis on avait imposé la même formalité au missionnaire pour les six grands instruments de l'Observatoire ; il avait alors fini par céder, cette fois il fut inébranlable. Il eut même, dans toute la force du terme, gain de cause, car il réussit à faire agréer ses excuses sans froisser le souverain. « La postérité saura ainsi, dit l'humble religieux, que je ne me suis pas mis en avant dans cette entreprise, que je ne me suis pas même laissé endoctriner ni convaincre, mais que j'ai uniquement agi par la nécessité d'obéir à un ordre absolu de l'empereur. »

Tous les détails précédents, je les ai empruntés à l'*Astronomia Europaea*. Peut-être pourront-ils être complétés un jour. Verbiest a écrit, en chinois, un grand *Traité sur la fonte et le forage des canons*. Faut-il désespérer d'en retrouver quelque exemplaire ? Du Halde (1) en avait eu un en mains. L'ouvrage, nous dit-il, contenait en 44 planches les figures nécessaires à l'intelligence du texte. Du Halde nous apprend en outre un détail curieux, passé sous silence dans l'*Astronomia Europaea*. Les canons étaient munis de hausses. L'empereur en félicita tout particulièrement Verbiest, car il se rendait parfaitement compte de l'utilité de cette annexe pour le réglage du tir aux diverses distances.

Pendant son long règne, Kang Hi, si orgueilleux, si autoritaire, si soucieux de la majesté et de l'étiquette de cour, eut cependant en même temps une vertu royale : la reconnaissance. Se rappelant les visites de son père Xun Chi à Jean Adam Schall, il voulut, à son exemple, donner au président du tribunal des mathématiques ce témoignage extraordinaire de satisfaction, presque inouï en Chine. Il décida donc d'aller le remercier en personne à la résidence des jésuites de Péking.

La visite durait depuis deux heures, pendant lesquelles le souverain s'intéressa à tout, parcourant l'église, le jardin, la maison entière. Il s'apprêtait à prendre congé, quand Verbiest lui demanda une dernière faveur : quelques lettres tracées de sa main destinées à orner le fronton de l'église. Recevoir des lettres peintes de la propre main de l'empereur est l'un des plus grands honneurs qui se puissent accorder en Chine.

(1) *Description géographique, historique, chronologique, politique et physique de l'empire de la Chine et de la Tartarie chinoise...* Par le P. J. B. du Halde de la Compagnie de Jésus, t. 2. A Paris, chez P. G. Le Mercier... M. DC. XXXV. p. 49.

Acceptant le pinceau que Verbiest lui présentait, Kang Hi écrivit ces deux mots : « Honorez Dieu », et les fit sceller du sceau impérial (1).

De la résidence des pères, l'empereur se rendit au parc d'artillerie situé non loin de là, pour s'y faire expliquer tous les détails des nouveaux canons. Il s'agissait d'éclairer les pièces jusqu'au fond de l'âme. Dans ce but, Verbiest s'était muni de miroirs, qui y projetaient les rayons du soleil. Kang Hi admira longuement la régularité et le fini du poli intérieur, puis se tournant d'un air satisfait vers l'organisateur de ce beau travail : « Vraiment, lui dit-il, ces canons surpassent toute mon attente ! »

Le cortège impérial se transporta du parc aux ateliers de construction. Kang Hi s'y fit montrer les forges et expliquer l'emploi des principaux outils : les moules de bois et d'argile, qui modelaient, pendant la coulée, l'âme du canon ; un long cylindre de bronze armé de couteaux d'acier, monté sur une grande roue, destiné à

(1) AR. n° 872-915 ff° 131-132. Thyrse Gonzales à Ignace Martin, recteur de Nivelles. Rome, 20 mars 1693. — L'abbé Carton (*Notice*, p. 41 en note) parle de cette lettre comme d'un autographe, mais le cachet de la lettre est celui du provincial de Flandre-Belgique ; c'est, je pense, une simple copie d'une lettre circulaire destinée à être communiquée à tous les recteurs de la province.

Dans son article, *Un mandarin belge, Ferdinand Verbiest, Missionnaire et Astronome* (Bulletin de la Société Belge d'Études coloniales, t. 18, Bruxelles, 1911, pp. 825-841) le R. P. Albert Gheluy, missionnaire de Scheut, écrit :

« L'estime de Kang Hi pour la religion de Verbiest, il la témoigna par une inscription en quatre caractères, écrite de sa main et destinée à orner le fronton de l'église de Péking : *Saint temple du Maître du Ciel.* Elle est encore aujourd'hui au fronton de la cathédrale. »

Cette inscription n'a pas été donnée, je crois, à Verbiest. Résumant le règne de Kang Hi, Wieger dit que l'empereur donna deux inscriptions écrites de sa main aux églises chrétiennes (*Rudiments* 11 *Textes historiques*, Ho Kien Fou, Imprimerie de la Mission, 1905, p. 2072). Or Verbiest dit en termes exprès, dans l'*Astronomia Europaea*, (Cap. 15, p. 66) qu'il reçut deux caractères. Thyrse Gonzales répète encore la même chose, en 1693, cinq ans après la mort de Verbiest. L'inscription en quatre lettres doit avoir été peinte à la demande de l'un des successeurs de Verbiest, Antoine Thomas ou, plus probablement, Philippe Grimaldi.

parachever le forage et le polissage ; bien d'autres instruments encore. « Tout lui paraissait nouveau, dit Verbiest, il admirait tout, louait tout sans réserve. »

VIII

Avant de quitter l'*Astronomia Europaea*, il me reste à en analyser un dernier chapitre (1). Passé assez inaperçu du temps de l'auteur, il a été beaucoup plus remarqué depuis lors, car Verbiest semble y avoir entrevu l'importance de la vapeur comme force motrice.

Dieu me garde de tomber dans le ridicule ! De présenter à ce propos le grand missionnaire comme l'inventeur de la machine à vapeur ! Peu d'ingénieurs ont aussi bien connu l'histoire de leur science que lui. Il avait lu dans les ouvrages de son temps les propriétés de l'éolipyle et ses divers emplois ; il en fit une application nouvelle, très ingénieuse, à une petite locomotive routière ; c'est tout, mais c'est beaucoup. Si elle ne suffit pas pour placer le nom de Verbiest parmi ceux des inventeurs de la machine à vapeur, du moins ne permet-elle pas de l'omettre dans la liste de leurs précurseurs.

A quelle date remonte l'invention ?

« L'idée lui en était venue, il y avait trois ans », dit-il dans l'*Astronomia Europaea*. Le problème revient donc à déterminer en quelle année l'*Astronomia* elle-même fut écrite. Couplet la fit imprimer en 1687, mais la rédaction en est certainement de beaucoup antérieure. Sa publication doit en avoir été concertée, en Chine même, entre Verbiest et son cher Philippe. Le manuscrit fit probablement partie du bagage de Couplet, lors de son départ de Macao, pour l'Europe, en 1681.

(1) Ch. XXIV, Pneumatica, pp. 87-88.

D'autre part, Verbiest a visiblement travaillé à l'*Astronomia* jusqu'au dernier moment. S'il en est ainsi, sa locomotive routière a été construite vers 1678. Comme dates de comparaison intéressantes, je rappellerai que l'*Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissime elevandam*, où Denis Papin décrit sa célèbre machine à vapeur, est de Leipzig, 1707, et que la *Nova methodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparandas* du même auteur, se trouve dans les Acta Eruditorum de 1690 (1).

Écoutons maintenant Verbiest :

« J'étudiais, il y a trois ans, dit-il, la force produite par l'éolipyle, quand j'eus l'idée de faire construire, en bois léger, un petit char, long de deux pieds, à quatre roues, très mobile. Sur le char je mis un vase plein de charbon et sur le vase je plaçai l'éolipyle. A l'axe des roues antérieures, j'adaptai une roue dentée en airain, dont les dents étaient transversales et parallèles à l'horizon. Ces dents engrenaient dans celles d'une autre roue montée sur un axe perpendiculaire à l'horizon. Quand cet axe vertical tournait, le char se mouvait. J'encastrai ce nouvel axe dans une roue horizontale d'un pied de diamètre, et tout autour de la convexité de cette roue, je mis par couples des tiges transversales, soutenant des espèces d'ailes. Le vent violemment chassé par l'étroit orifice de l'éolipyle, contre ces dernières, imprimait une rotation accélérée à la roue et mettait ainsi le char lui-même en mouvement. Ce mouvement perdurait avec assez de rapidité, pendant une heure et plus, c'est-à-dire, tant que le vent produit par l'éolipyle restait violent. »

Le petit char emporté par son moteur devait cepen-

(1) Pp. 410-414. Voir, sur la machine de Papin : *Das 200-Jährige Jubiläum der Dampfmaschine 1706-1906*. Eine historisch-technisch-wirtschaftliche Betrachtung von Kurt Hering, Ingenieur, Leipzig, Teubner, 1907.

dant rester en vue des spectateurs. Pour qu'il ne s'éloignât pas trop dans sa course, Verbiest avait rendu l'essieu des roues d'arrière mobile. Un timon, terminé par deux pointes enchâssées dans l'essieu, commandait la direction vers la droite ou la gauche et pouvait être maintenu en place, par un étau, dans toutes les positions. Mis en marche par le jet de vapeur de l'éolipyle, le char décrivait indéfiniment des cercles d'un rayon plus ou moins grand, d'après l'angle d'inclinaison imprimé à l'essieu par le timon.

« Cette machine, dit Verbiest, est un moteur me permettant de mettre facilement en mouvement tout autre appareil posé sur le char ; un petit bateau de papier, par exemple, avec des voiles gonflées par le vent, qui tourne sans cesse en cercle. J'en offris un pareil au frère de l'empereur. Le secret du moteur était tout entier masqué par les parois du bateau. On n'entendait du dehors que le bruit du vent chassé par l'éolipyle, imitant le bruit d'un vent véritable, ou celui des ondes bouillonnantes contre les flancs d'un navire.»

Le constructeur se servait encore de l'éolipyle, tantôt pour faire parler des tuyaux d'orgues, qui imitaient le chant du rossignol, tantôt pour actionner les clochettes d'une horloge qui jouait un air de musique. « Étant donné ce principe de mouvement, dit-il, on peut aisément imaginer beaucoup d'autres manières de s'en servir. »

VIII

Pour ne pas interrompre notre étude de Verbiest astronome et ingénieur, nous avons dû passer sous silence quelques épisodes de sa carrière. Racontons-les dans l'ordre chronologique.

Malgré la belle confiance de ses collègues, malgré même leur enthousiasme, Verbiest, nous l'avons vu,

considérait encore en 1670 leur situation comme très précaire. L'année suivante, il est vrai, il remportait un succès bien propre à lui donner courage. Kang Hi permettait aux missionnaires, jusqu'alors toujours exilés à Canton, de regagner leurs églises ; de plus, il appelait deux jésuites mathématiciens à la cour : Christian Herdtrich et Philippe Grimaldi (1). Ils y furent rejoints, en 1673, par un troisième : Thomas Pereira.

Nous avons déjà rencontré plusieurs fois Christian Herdtrich. Beaucoup moins mathématicien que Grimaldi, il était surtout philologue. La facilité avec laquelle il parlait et écrivait le chinois le rendait d'un secours précieux à ses collègues, pour la plupart moins maîtres, que lui, de cette langue difficile. Les preuves de son savoir abondaient. C'était d'abord la traduction des *Œuvres de Confucius*, entreprise pour occuper les longs loisirs de l'exil de Canton. Elle fut publiée en 1687, à Paris, par les soins de Couplet (2). C'était ensuite un grand dictionnaire de la langue chinoise, qui ne fut jamais imprimé en entier, mais dont les pères parlaient tous avec admiration (3). Herdtrich s'était fait, comme sinologue, une réputation, même parmi les lettrés chinois. Dès que Kang Hi le vit, il le tint en haute estime.

Philippe Grimaldi n'avait pas connu les privations de l'exil de Canton. Né à Coni, en 1639, entré dans la

(1) J.-B. Maldonado, à Prosper Intorcetta. Macao 10 décembre 1671. — *Correspondance de J.-B. Maldonado de Mons*, pièce n° VI, ANAL. POUR SERVIR A L'HIST. ECCL. DE LA BELG., 3e sér., t. VI, Louvain, 1910, p. 77.

(2) *Confucius Sinorum philosophus, sive scientia Sinensis latine exposita.* Studio et cura Prosperi Intorcetta, Christiani Herdtrich, Francisci Rougemont, Philippi Couplet, Patrum Societatis Jesu, Parisiis. Apud Danielem Horthemels. M. DC. XXXVII.

Une lettre inédite de Rougemont à Intorcetta, datée de Quam Cheu Fu et du 5 nov. 1670, fait bien connaître la part qui revient, dans l'œuvre commune, à chacun des traducteurs.

(3) Couplet (*Catalogus* publié en appendice à l'*Astronomia Europaea*, p. 124) dit : « Ejus magnum vocabularium Sinico Latinum sub praelo est ».

Compagnie le 14 janvier 1657, il venait à peine d'aborder en Chine, quand Kang Hi l'appela à Péking. Grimaldi sera un jour le successeur de Verbiest, comme président du tribunal des mathématiques.

Le décret qui rappelait les pères leur parvint à Canton, en mars 1671. La nouvelle se répandit aussitôt jusqu'à Macao, où elle souleva des transports d'enthousiasme. Un Montois, qui habitait alors cette ville, J.-B. Maldonado, nous a laissé le récit de l'allure triomphale que prit la rentrée des pères en Chine (1).

J'ignore si au moment de l'arrivée de Grimaldi et d'Herdtrich à Péking, Verbiest put déjà les recevoir comme supérieur de la résidence. Je n'ai pas retrouvé la date de sa nomination, mais en 1673, cette nomination était chose faite. Nous le savons par le *Catalogue* de la vice-province de Chine, pour cette année, dont un exemplaire existe encore (2). Quelques années plus tard, en 1676, le supérieur de Péking succédait au P. Félicien Pacheco dans l'administration de toute la vice-province.

Plusieurs pertes sensibles vinrent affliger le nouveau vice-provincial dès son entrée en charge. Ce fut d'abord celle d'un véritable ami, un compatriote, François Rougemont, décédé à Tchang Tchou, le 4 ou le 8 novembre 1676. Ce fut, quelques mois plus tard, celle de Gabriel de Magalhaens qui s'éteignit à Péking, le 16 juin 1677. Magalhaens, vieux compagnon d'armes des grands jours de combat contre Yam Quam Siem, était pour Verbiest un auxiliaire précieux, dans tous les travaux de l'art de l'ingénieur. C'était en outre un homme des mieux en cour ; ses connaissances en mécanique, son habileté à manier lui-même la lime et le marteau, son ingéniosité à imaginer des appareils

(1) Lettre à Intorcetta, du 10 déc. 1671, citée ci-dessus.
(2) SJ. — Copie de l'époque.

d'horlogerie aussi variés que délicats, son adresse à les exécuter, lui conquirent la sympathie de l'empereur. Kang Hi daigna composer lui-même son épitaphe et lui fit faire des funérailles honorables.

A la mort de Magalhaens, les travaux d'horlogerie et la construction des appareils de physique délicats échurent à Thomas Pereira. Pereira possédait en outre un beau talent de musicien. Kang Hi, qui s'intéressait à toutes les sciences, se fit expliquer par lui la théorie de l'acoustique et les principes de la musique.

L'année 1678 fut la plus marquante peut-être de la carrière de Verbiest, non pas tant, il est vrai, au point de vue de l'importance des événements auxquels il fut alors mêlé, qu'à celui du retentissement que sa position officielle à la cour de Péking eut alors en Europe.

Kang Hi, enfin rendu maître des rebelles, voyait la sécurité renaître dans son empire, les communications se rétablir entre sa capitale et Macao. La correspondance de Verbiest, interrompue depuis plusieurs années, reprend aussitôt.

Elle débute par trois grandes lettres, trois vrais appels au secours, datés tous trois du 15 août : c'est d'abord une lettre à la Compagnie entière, pour lui demander des sacrifices en hommes et en argent (1) ; c'est ensuite un mémoire à Sébastien d'Alméida, visiteur de la Chine et du Japon, sur la nécessité de former un clergé indigène et les moyens d'y arriver (2) ; c'est enfin une adresse au pape Innocent XI (3).

La lettre à la Compagnie, la plus célèbre de toutes celles de Verbiest, est un vrai cri de détresse. Traduite en diverses langues, souvent rééditée, elle produisit partout en Europe une émotion profonde, même chez

(1) Citée ci-dessus, au § 1 de cette notice.
(2) SJ. — Autographe.
(3) P. — Collectanea diversarum provinciarum, regnorum ac nationum exterarum. Miscellanea, t. 40, f° 142. — Autographe.

les séculiers. Ferdinand de Fuerstenberg, évêque de Munster et Paderborn, en ayant eu connaissance, fonda des bourses pour l'entretien des missionnaires de la Chine (1). Ce fut aussi sa lecture qui donna pour la première fois, à Colbert et au P. La Chaize, l'idée d'engager Louis XIV à envoyer en Chine des jésuites mathématiciens français. Le plan de cette notice ne me permet malheureusement pas de m'arrêter à cette lettre.

Je ne puis analyser non plus, ni le mémoire de Verbiest sur la formation du clergé indigène, ni celui qu'il écrira un peu plus tard à Charles de Noyelle sur les cérémonies du sacrement de confirmation et les moyens de parer l'interprétation scandaleuse, que les païens leur donnaient (2) ; mais l'adresse à Innocent XI doit nous retenir un instant.

L'élévation de Verbiest au mandarinat, la simple présidence du tribunal des mathématiques elle-même, loin de rencontrer, comme on pourrait le croire, l'approbation universelle, provoquait au contraire plus d'une critique. Encouragé, appuyé de toute manière par les pères de Péking, le missionnaire était ailleurs en butte à des manœuvres hostiles. Qu'à l'étranger, en Europe surtout, on n'appréciât pas les choses comme en Chine, c'était naturel, on était mal au courant des circonstances ; mais les propos envieux et méchants partaient même de Macao. Le danger de ces censures était d'autant plus grave, qu'elles venaient parfois de personnages considérables, bien intentionnés et réellement scandalisés (3).

(1) AR. n° 872-915, f° 103. — Ferdinand de Pyrmont et de Fuerstenberg, évêque de Munster et de Paderborn, à Verbiest. Munster, 15 mars 1682. — Copie de l'époque.

(2) SJ. — Verbiest à Charles de Noyelle. Péking, 21 sept. 1685. Autographe.

(3) Nous avons déjà dit, ci-dessus, combien Louis de Gama, visiteur de la Chine et du Japon, était opposé à la présidence du tribunal des mathématiques. Un de ses successeurs, André Lubelli, ne lui était guère plus favorable, comme on le voit par sa lettre du 15 décembre 1683, au P. de Noyelle. — SJ. Autographe.

Religieux avant tout, dévoué uniquement à l'Église, Verbiest désirait une approbation formelle de sa conduite, capable d'imposer silence à toutes les critiques. Il prit donc le parti de s'adresser directement à celui qui seul pouvait prononcer un jugement sans appel, le pape. Dans ce but, il lui écrivit une lettre accompagnée d'un présent symbolique : un magnifique missel romain traduit en chinois et un exemplaire du *Traité de la construction des instruments astronomiques* (1).

Ce missel et cette astronomie, expliquait au pape le donateur, rappellent qu'en Chine l'Église n'avance qu'en s'appuyant sur le bras de l'astronomie. Dans ce vaste empire, astronomie et religion ont beaucoup souffert ensemble. Lui Verbiest, il y a treize ans, ligotté par neuf chaînes, il a pendant neuf mois, enduré la prison, à la fois pour toutes deux. Grâce au Ciel, il les a aussi toutes deux fait triompher ensemble.

Sous prétexte d'établir l'astronomie sur une base inébranlable, il a introduit en Chine la dialectique et la philosophie chrétienne ; mais pour les faire recevoir, il a dû les présenter habillées à la chinoise. S'il a enseigné l'astronomie à l'empereur, c'est pour avoir l'occasion de lui faire connaître la religion catholique ; l'empereur n'a pas tardé à en subir l'influence.

Innocent XI approuva Verbiest et lui répondit par son bref du 3 décembre 1681 (2).

(1) « Astronomia organica imperatoris Sino-Tartari, tribus libris expressa. »

(2) Souvent édité. Traduit en français dans la *Notice* de l'abbé Carton (pp. 45 et 46) et dans Du Halde, *Description de la Chine*, t. 3, pp. 95 et 96.

Dans son *Responsum Apologeticum*, au P. Dominique Navarrete, Verbiest dit :

« Anno 1672, dum P. Prosper Intorcetta Missionis hujus procurator Romae versaretur RR. N. generalis P. Joannes Paulus Oliva Summum Pontificem Clementem decimum adiit, atque ut omnem tolleret scrupulum, qui forte quavis ex causa oriri posset, petiit facultatem, ut P. Praefectus Mathematicae apud Sinas, qui tunc temporis erat P. Ferdinandus Verbiest Societatis Nostrae, posset acceptare mandarinatum praedicti tribunalis mathematici, cum omni jurisdictione illi dignitati annexa. Et eandem facultatem Summus Pontifex liberaliter concessit. »

L'adresse du missionnaire au pape renferme un autre passage important : « Des ambassadeurs portugais, hollandais et russes, y est-il dit, sont jadis venus ici (à Péking), en diverses années, offrir des présents à l'empereur. Après m'avoir nommé comme interprète, tantôt chinois, tantôt tartare, l'empereur m'interrogea sur la religion professée par les membres de chacune de ces ambassades.

» Je lui répondis, ceux-ci, c'est-à-dire les portugais, sont catholiques ; ceux-là sont hérétiques et schismatiques, c'est-à-dire, révoltés contre le pontife romain, ne reconnaissant pas de chef de leur religion ; semblables en cela, ajoutai-je, à des sujets de Votre Majesté, d'abord soumis, puis rebelles, qui fonderaient une république à leur fantaisie.

» L'empereur comprit assez bien. Il rejeta la requête des Russes et les renvoya avec défense de revenir encore. Les Hollandais pouvaient faire état de nombreux services, arguer de la côte de la Chine si souvent délivrée de la présence des pirates grâce à l'aide de leurs vaisseaux ; jamais, cependant, ils n'obtinrent un seul comptoir permanent pour y créer en Chine un entrepôt de marchandises. Aux Portugais seuls l'empereur accorda en Chine même la ville entière de Macao et leur permit de l'administrer à leur guise. »

Tout ceci est parfaitement exact, à condition toutefois de l'appliquer à l'année 1678, d'en prendre les termes à la lettre, de ne pas les généraliser (1). Verbiest lui-même se faisait-il illusion ? Il était trop clairvoyant pour cela et je ne le crois pas ; mais un lecteur d'aujourd'hui pourrait s'y tromper.

Une réflexion à ce propos. Rien ne serait plus faux que de se représenter Verbiest à la cour de Péking,

(1) Macao vit alors se consolider, pour un petit nombre d'années encore, le monopole des quelques marchandises étrangères dont l'entrée en Chine était autorisée. Toute l'influence de Verbiest ne parvint pas à le lui conserver. On verra plus loin son peu de succès, en 1685, par exemple.

comme vivant dans un milieu ignorant, jetant de la poudre aux yeux à des barbares. Rentré en France, après un long séjour en Chine, le P. Lecomte commence ses *Mémoires* (1), par un parallèle entre Louis XIV et Kang Hi, qui depuis fit souvent nommer Kang Hi, le Louis XIV de la Chine. Le rapprochement est très heureux, mais par moments tout à l'avantage du monarque chinois. Même étiquette et même majesté dans les cours de Péking et de Versailles ; mêmes qualités militaires brillantes chez les deux souverains à la tête de leurs troupes ; même bon sens dans les affaires ; mais le Louis XIV chinois eut de plus une science, voire une érudition, que le Louis XIV français ne posséda jamais. Aux yeux du Chinois, Verbiest fut un directeur des travaux publics en qui il eut pleine confiance. Ce directeur fut parfois appelé à donner son avis à la guerre, à l'intérieur, aux affaires étrangères ; mais dans ces diverses branches de l'administration, l'empereur se croyait, non sans raison, plus fort que le conseiller.

Or, malgré sa sympathie pour Verbiest et les autres missionnaires, cet empereur resta toujours chinois jusqu'au fond des moëlles. Jamais son goût pour les arts et les sciences de l'Europe ne triompha de sa défiance à l'égard de l'étranger. Aussi bien sa propre histoire et celle de son père Xun Chi lui commandaient-elles la prudence. Il était vivement frappé de la facilité avec laquelle la petite armée tartare-mantchoue avait eu raison de l'immense empire chinois. Toujours il redouta un retour de fortune. Toujours il craignit de rencontrer quelque rival heureux chez l'un ou l'autre conquérant européen.

Nous avons la preuve de ces sentiments, dans les

(1) *Nouveaux Mémoires sur l'État Présent de La Chine.* Par le P. Louis le Comte de la Compagnie de Jésus, Mathématicien du Roy. Troisième édition, t. I. Amsterdam, chez Henri Desbordes et Antoine Schelte M.DC.XCVIII. Epistre au roy.

curieuses réflexions sur les puissances étrangères qu'il rédigea, vers la fin de son règne, pour l'instruction des siens, principalement celle de son fils et successeur Yong Tsing. C'est un vrai testament politique. Ce document peu connu, recueilli à Péking, en 1752, par le P. Antoine Gaubil, a été publié, en 1881, par le P. Joseph Brucker (1). En voici le passage final.

« Les *Oross* (russes), *Hongmao* (hollandais), *Foulanki* (espagnols), comme les autres européens, viennent à bout de tout ce qu'ils entreprennent, quelque difficulté qu'il y ait. Ils sont intrépides, habiles et profitent de tout. Tant que je vivrai, il n'y a rien à craindre d'eux pour la Chine. Je les traite bien, ils m'aiment, m'estiment et cherchent à me faire plaisir.

» Les rois de *Foulan* (France), et de *Porotoukal* (Portugal), ont soin de m'envoyer de bons sujets, habiles dans les sciences et dans les arts, qui servent bien notre dynastie.

» Mais, si notre gouvernement devient faible, si on manque d'attention sur les Chinois des provinces du midi, sur le grand nombre de barques qui en partent tous les ans pour Luçon, Calapa (Batavia), Japon et autres pays, si la division se met parmi nos mantchoux et les princes de ma famille, si les Tartares Éleuthes nos ennemis, viennent à bout d'attirer à eux les Tartares de *Syhay* (Kokonor) et les Calcas et Mongoux nos tributaires, que deviendra notre empire ? Les *Oross* au nord, les *Foulanki* de Luçon à l'Orient, les *Hongmao* au sud, feront de la Chine ce qu'ils voudront.

» Vous, princes de ma famille, grands mandarins, faites réflexion sur ce que je dis. Dans les placets, mar-

(1) *La Mission de Chine de 1722 à 1735. Quelques pages de l'histoire des missionnaires français à Péking au XVIIIe siècle, d'après des documents inédits*, par Joseph Brucker, S. J. REVUE DES QUESTIONS HISTORIQUES, t. 29. Paris, 1881, p. 503.

quez-moi en détail ce que vous pensez. Faisons attention à ce qui peut arriver dans la suite. »

Cette attention, pendant son long règne de 60 ans, Kang Hi ne s'en laissa jamais distraire. Verbiest s'en rendait compte. De là son effroi, le mot n'est pas trop fort, quand lui vint de Rome l'ordre de prêter serment d'obéissance aux évêques de la Propagande, qui presque tous étaient français. Nous connaissons ses craintes, notamment par trois documents : la lettre du 7 janvier 1678, à Sébastien d'Alméida (1), visiteur de la Chine et du Japon, la lettre du 15 janvier 1683 à don Grégoire Lopez, évêque de Péking, religieux de saint Dominique et chinois de naissance (2), le long mémoire du 25 janvier 1684, aux cardinaux de la Propagande (3).

Toute cette affaire n'est qu'un léger épisode de l'interminable querelle des cours de Rome et de Lisbonne sur le droit de patronage des rois de Portugal. Elle donna naissance au schisme de Goa, éteint de nos jours seulement. Je n'ai pas à en faire l'histoire. Effrayé par les dangers qu'il entrevoyait, Verbiest, avant de prêter serment, crut en conscience devoir attendre et présenter des observations. Rome passa outre et maintint sa manière de voir. L'obéissance fut toujours une des principales vertus de notre missionnaire. Une lettre du P. Jean Valat, vice-provincial de la Chine à Charles de Noyelle, datée du mois de mai 1685 (4), nous

(1) SJ. — Autographe. — Datée de Péking.

(2) Le texte original espagnol semble perdu, mais je connais plusieurs copies de la traduction latine :

AR. — N°s 872-915, ff^os 94-97.

BR. — Ms. 15155.

P. — « Informationum liber 118, pro missione Sinensi, » vol. 1.

(3) SJ. — Copie du temps. Le mémoire est daté de Péking.

(4) SJ. — Autographe.

P. — Scritture Originali delle congregazioni particolari della Cina, ann. 1684 al 1686. Renferme en triple exemplaire la formule autographe du serment écrite tout entière et signée de la main de Verbiest. Datée de Péking, le 22 octobre 1684.

apprend que dès lors les pères de Péking avaient tous prêté le serment exigé.

L'année 1679 fut assombrie par un désastre. Le 2 septembre un tremblement de terre dont les secousses se répétèrent pendant plusieurs jours détruisit de fond en comble Péking et ses environs (1). Une lettre du P. Ignace Del Monte au provincial des Philippines, écrite de Focheu, d'après les nouvelles envoyées de Péking, par Grimaldi, nous peint le tableau des ruines (2). La résidence des pères croula, mais leur église resta debout.

En 1680, le P. Dominique Gabiani prit, comme vice-provincial de la Chine, la succession de Verbiest. Mais à peine déchargé de ce fardeau, l'ancien vice-provincial fut mis à la tête du collège de Péking. Je n'ai pas retrouvé la date précise de sa nomination.

Le 5 décembre de l'année suivante, 1681, (3) Couplet s'embarquait à Macao, vers l'Europe, pour y aller en qualité de procureur défendre les intérêts de la mission. Il y resta jusqu'en 1692. Pendant tout ce temps, à Anvers, à Paris, à Madrid, à Rome surtout, les affaires de Verbiest et de la Chine entière furent entre des mains non moins habiles que dévouées.

VIII

En 1682, après de longues années de lutte, Kang Hi, maître incontesté maintenant de tout l'empire, entreprit le premier de ses grands voyages militaires en Tartarie, périodiquement renouvelés depuis lors.

(1) *Histoire générale de la Chine*... par... de Moyriac de Mailla... t. XI... Paris... 1780, pp. 88-89.

(2) AR. nos 872-915, ffos 124-125. — En espagnol. Copie de l'époque.

(3) Cette date est donnée par Tachard, *Voyage de Siam*, t. I, Amsterdam, Pierre Mortier, 1687, p. 2.

Mal compris en Europe, ils y causaient quelque surprise. « Ces expéditions avaient pour but principal de tenir les troupes en haleine, et de leur donner l'image de la guerre », disent les pères en guise d'explication, voire même d'excuse. Nous les appellerions probablement aujourd'hui : grandes manœuvres. Elles en avaient le but et l'utilité.

Désigné pour y prendre part, Verbiest en envoya vers la fin de l'année une relation très circonstanciée à Charles de Noyelle (1). Le missionnaire a cinquante-neuf ans, mais en porte davantage. Vif, alerte, gracieux, l'empereur n'en compte que vingt-neuf et se montre pour le président du tribunal des mathématiques, plein d'attentions charmantes.

Objectif de l'expédition : Leao Tum et la Tartarie Orientale, avec Kirin pour but extrême. Départ, le 23 mars. Distance totale à parcourir : onze cent milles environ, de Péking à Kirin.

« L'empereur, dit Verbiest, voulut que je fusse toujours à ses côtés. Je devais déterminer en sa présence

(1) P. — Deux copies du texte latin original : 1° Congregazioni particolari : Diverse scritture della China dall' anno 1686 sin al 1689 ; 2° Collectanea diversarum provinciarum, regnorum, missionum exterarum. Miscellanea, t. 40, ff^os 196-207. La pièce est intitulée : « Iter P. Ferdinandi Verbiest, in provinciam Leaotum et Tartariam Orientalem institutum 1682, die 23 Martii, etc. ».

La lettre de Verbiest à Charles Noyelle était destinée à être communiquée à Couplet. Le texte latin n'a jamais été publié, mais il en a paru de nombreuses traductions. Notamment :

1° En français : *Voyages de l'Empereur de la Chine dans la Tartarie...* A Paris, chez Étienne Michallet... M.DC.LXXXV, pp. 1-40 (BR. coté II, 37360).

Description... de la Chine... par le P. J. B. Du Halde... t. 4... pp. 74-80.

2° En flamand. *Noord en Oost-Tartary...* door Nicolaes Witsen. Tweede druck. Eerste deel t'Amsterdam, By François Halma... MDCCV, pp. 185-194.

La traduction flamande est faite sur la version française. Cette dernière est extrêmement libre, contient des coupures et parfois quelques additions évidemment destinées dans l'esprit du traducteur à préciser le sens du texte. Dans les passages cités, malgré la difficulté qu'il y a parfois à traduire Verbiest, nous avons essayé de serrer l'original de plus près.

la disposition du ciel, et la nature du sol de chaque pays ; mesurer avec mes instruments de mathématiques la hauteur des diverses localités et leur distance ; être à chaque instant, comme on dit, sous sa main, pour lui expliquer les phénomènes célestes, les météores et d'autres matières analogues. Il donna donc ordre à un officier de faire porter sur des chevaux, pendant tout le trajet, mes instruments de mathématiques. Quant à moi, il me confia aux bons soins du prince son oncle, qui est en même temps son beau-père.»

L'armée montait à 70 000 hommes. On avait construit une route, mais l'usage en était réservé à l'empereur, aux trois reines qui l'accompagnaient, et à leur suite immédiate. Les divers corps d'armée manœuvraient d'ordinaire à travers champs, où ils se déplaçaient avec grande fatigue, comme ils le pouvaient. Point de ville sur la route, pour loger pareille multitude. On traversait un pays pauvre et peu habité ; de là, nécessité de convoyer tout ce qui pouvait à un moment donné devenir nécessaire aux troupes, notamment des vivres pour plus de trois mois.

On avait fait prendre les devants, par des chemins improvisés tracés près de la route impériale, à une infinité de chariots, de chameaux, de mulets, qui portaient le bagage. Des troupeaux de bœufs, de moutons et d'autres bestiaux étaient destinés au service de la boucherie. Outre cela, empereur, petits rois et grands de la cour, se faisaient suivre, pour la plupart, par de nombreux chevaux de main.

Bien que cette multitude d'hommes, de bêtes de somme et de troupeaux de tout genre allât par des chemins assez éloignés de celui de l'empereur, « elle soulevait une si horrible poussière, dit Verbiest, que nous semblions avancer dans un continuel et épais nuage, où nous distinguions à peine ceux qui étaient à quinze ou vingt pas de nous ».

La marche de cette armée était si bien réglée que, tous les soirs elle campait sur le bord de quelque fleuve. De grand matin on faisait partir en avant les tentes et les bagages nécessaires. Des officiers d'avant-garde désignaient l'endroit le plus convenable pour la tente de l'empereur, celles des reines, des grands de la cour, des mandarins, d'après leur rang et leur grade dans l''armée chinoise. En trois mois, on fit ainsi 1000 milles environ « vers l'orient d'été » et autant au retour.

Malgré tant de prévoyance les traînards ne manquaient pas. Pour les rallier et en même temps ne pas fatiguer outre mesure les troupes, l'empereur commandait parfois repos, pendant quelques jours, pour toute l'armée. Ces haltes forcées lui permettaient de se livrer au plaisir de la chasse.Trois mille traqueurs rabattaient le gibier. On tua des ours, des sangliers, plus de 60 tigres ; en un seul jour, Verbiest vit mille cerfs tomber sous les flèches des chasseurs.

« L'empereur voulut, dit-il, que je me trouvasse à ces différentes chasses. Très obligeamment il recommanda plusieurs fois à son beau-père d'avoir un soin tout particulier de moi, de prendre garde que je fusse exposé à aucun danger, dans la chasse des tigres et autres bêtes féroces. J'étais là, parmi tous les mandarins, assez près de l'empereur, moi seul sans armes, mais obligé de grimper à cheval avec lui les montagnes les plus raides, puis de dévaler de même dans les ravins les plus abrupts et les plus profonds.

» Tout en paraissant un peu fait à la fatigue, par plusieurs jours d'exercice, j'étais si las tous les soirs en arrivant près de ma tente, qu'en descendant de cheval je ne pouvais presque plus me tenir sur les pieds. Une fois tombé sur mon lit, je n'entendais plus de toute la nuit, ni hennissement des chevaux, ni mugissement des bœufs, ni bêlement des moutons, qui entouraient

ma tente. J'étais comme noyé dans le sommeil. Parfois je cherchais quelque prétexte pour échapper à cet éreintant entourage impérial ; mais, sur le conseil de mes amis, jamais je n'osais m'y soustraire complètement, craignant que l'empereur ne le trouvât mauvais, s'il s'en fût aperçu. »

L'armée atteignit ainsi Kirin, terme de sa marche. Des pluies diluviennes l'y surprirent. Pour se distraire. l'empereur organisa une partie de pêche à un poisson fort rare, nommé par Verbiest *accipenser*, et assez semblable, d'après son traducteur, à la plie d'Europe. Un temps épouvantable contraria les pêcheurs. Verbiest montait la barque du beau-père du souverain. L'ouragan endommagea ce frêle esquif à tel point, que les deux passagers durent débarquer sur la rive. Trempés par l'averse, ils regagnèrent Kirin cahotés dans une grossière charrette tirée par un bœuf. « L'*accipenser* s'est moqué de nous », leur disait le soir l'empereur, en les plaisantant sur l'aventure.

Après deux jours les pluies diminuèrent. Kang Hi ordonna à ses troupes de battre en retraite sur Leao Tum. En pleine paix, c'est merveille que l'armée n'aît pas couru à un désastre. Elle endura des souffrances inouïes. « Je ne puis exprimer en peu de mots, s'écrie Verbiest, les fatigues et les obstacles qu'il nous fallut vaincre, pendant tout le retour. » Son récit est vécu. Gâtés par les eaux, les chemins étaient presque impraticables. On allait sans cesse par des montagnes et des vallées, au fond desquelles il fallait passer, avec un extrême danger, les torrents et les rivières grossis par les ruisseaux, qui y coulaient de toute part. Les ponts étaient tantôt renversés par la violence des courants, tantôt submergés par les flots débordés. Il s'était formé en plusieurs endroits de grandes flaques d'eau et une fange dont il était presque impossible de se tirer. Chevaux, chameaux, autres bêtes de somme chargées de bagage, ne pouvaient avancer, demeuraient embour-

bés dans les marais, mouraient d'épuisement sur les chemins.

Faute de vivres et de rafraîchissements, les hommes n'étaient pas moins à bout que les animaux. Quantité de gens de cheval étaient obligés ou de traîner eux-mêmes à pied leurs montures, qui n'en pouvaient plus, ou de s'arrêter au milieu des campagnes pour leur faire reprendre un peu haleine.

Les officiers n'épargnaient cependant ni travailleurs, ni matériaux. De tous côtés ils faisaient des coupes de bois, pour remplir de troncs d'arbres et de fascines les plus mauvais passages. Néanmoins, quand les chevaux et les chariots qui prenaient les devants dès le matin y avaient une fois passé, il devenait impossible d'y passer après eux. A plusieurs reprises, l'empereur lui-même, son fils et tous les grands de la cour durent franchir à pied les boues et les marécages, par crainte de s'exposer à un danger plus grand en essayant de les passer à cheval.

Si la discipline des troupes leur épargna une déroute, les scènes de désordre ne manquèrent pas. Quand il se rencontrait des ponts ou des défilés, l'armée entière s'arrêtait. Dès que l'empereur les avait traversés avec quelques-uns des personnages les plus considérables, le reste de la multitude accourait en se bousculant ; chacun voulait passer le premier et plusieurs hommes tombaient à l'eau. D'autres prenant des chemins de détour s'empêtraient dans des fondrières et des bourbiers, dont ils ne se pouvaient plus tirer. Les souffrances endurées sur tout le chemin de la Tartarie Orientale furent telles, que de vieux officiers, à la suite de la cour depuis plus de trente ans, assuraient à Verbiest n'en avoir jamais subi de pareilles.

A voir cependant, dans cette extrémité, le calme, l'indifférence, j'allais dire l'insouciance de Kang Hi, le missionnaire mesurait un peu, je crois, la fatigue des

autres à la sienne. Jamais l'empereur ne manifesta mieux la vraie affection qu'il lui portait, se préoccupant de tout, veillant lui-même à la sécurité de son ami, multipliant les petites attentions.

« Le premier jour du retour, raconte Verbiest, nous fûmes arrêtés sur le soir par un gros torrent. L'empereur trouva là par hasard une petite barque pouvant à peine tenir quatre personnes. Il passa le premier avec son fils et quelques-uns des principaux petits rois. Cependant tous les autres princes, seigneurs et mandarins attendaient impatiemment sur le bord avec toute l'armée, pour pouvoir se rendre au plus tôt sur l'autre rive. Une nuit épaisse tombait et les tentes étaient déjà de l'autre côté depuis deux jours. Ceux qui ne parvenaient pas à passer immédiatement se voyaient réduits à demeurer à l'air pendant une nuit assez froide, sans souper, plusieurs même sans avoir dîné.

» Sur ces entrefaites l'empereur étant revenu à nous, suivi d'une seconde toute petite barque semblable à la première : « *Où est Nan Ho Ay Gin* (1) (c'est mon nom chinois) ? demanda-t-il à haute voix.

» *Il est ici*, répondit son beau-père.

» *Qu'il monte dans la barque*, repartit l'empereur, *et qu'il passe avec vous.*

» Laissant tous les autres au bord de l'eau, il me fit ainsi passer le premier. Ce fait, qui eut lieu en public, me valut la plus grande considération aux yeux des mandarins et de toute cette foule de grands, réduits à attendre toute la nuit et toute la journée suivante pour franchir l'eau. »

Le lendemain, scène analogue. Elle laisse percer cette fois le mobile secret, un peu intéressé tout de même, de la conduite de Kang Hi envers son président du tribunal des mathématiques. Sentant le besoin de se

(1) Ailleurs Verbiest écrit son nom en trois mots : Nan Hoai Gin.

reposer par moments de ses travaux et de se distraire, son esprit éveillé et curieux ne pouvait plus se passer de longues causeries sur l'astronomie et les sciences.

« L'empereur, dit Verbiest, se trouva sur le midi au bord d'un second torrent plus enflé que le premier, entouré des principaux grands qui avaient petit à petit traversé le premier torrent pendant la nuit précédente. Depuis le milieu de la journée jusqu'au soir, il avait fait transporter sur l'autre bord ses tentes, ses malles et tous ses bagages. Après quoi il nous fit passer, moi et quelques grands, dans de petites barques...

» Son beau-père lui demanda de pouvoir aussi coucher la nuit de l'autre côté, *car Nan Ho Ay Gin*, dit-il, *habite ma tente et mange à ma table.*

» *Il n'est pas nécessaire de traverser (le torrent) pour cette nuit*, lui répondit l'empereur. *Quant à ce qui concerne Nan Ho Ay Gin, je le logerai dans mes tentes et lui ferai apporter à manger de ma table à moi.*

» J'avais passé le torrent. L'empereur s'assit au bord de l'eau et me fit asseoir à ses côtés, avec les fils de deux petits rois d'occident et le premier colao tartare, qu'il distinguait en toute occasion. La nuit était belle et le ciel fort serein.

» Il voulut que je lui nommasse, en langage chinois et européen, toutes les constellations qui paraissaient sur l'horizon, nommant lui-même le premier celles qu'il connaissait déjà. Dépliant ensuite une petite carte du ciel que je lui avais donnée quelques années auparavant, il se mit à chercher l'heure de la nuit, par l'étoile culminante, se faisant un plaisir de montrer à tout le monde son habileté dans les sciences. »

Verbiest rentra à Péking, le 9 juin fort tard, « en parfaite santé », nous dit-il, malgré beaucoup de malades restés en chemin et une multitude de blessés et d'estropiés.

A peine de retour dans la capitale depuis quelques mois, un deuil sensible vint l'y affliger. Le 2 octobre, son dernier compagnon de captivité, Louis Buglio, s'éteignait à ses côtés. Schall, Magalhaens, Buglio, tous étaient morts ! Dessinateur de talent, Buglio parlait et écrivait en outre le chinois avec une étonnante facilité. Kang Hi l'appréciait et lui avait conféré le titre de mandarin.

Le voyage de 1682 avait été pour l'empereur une expérience, mieux encore, une leçon. Plus convaincu que jamais de l'utilité de ce genre de manœuvres, il avait compris la nécessité de mieux les organiser. Rien dans le voyage de 1683 ne trahit le désordre de celui de 1682. Le terrain choisi fut, cette fois, non plus la Tartarie Orientale, mais la Tartarie Occidentale. Verbiest nous a laissé une relation de l'expédition dans une lettre à Couplet (1).

« L'empereur tartare-chinois, lui écrit-il, a fait cette année 1683, la trentième de son âge, un voyage dans la Tartarie Occidentale, avec la reine son aïeule. Il partit à grand fracas, le 6 juillet, à la tête d'une armée immense de plus de 60 000 hommes et 100 000 chevaux.

» D'après ses ordres, je dus accompagner avec un père ou deux, dont il me laissa le choix. Je pris le P. Philippe Grimaldi ; c'est le plus ancien et il sait parfaitement les mathématiques.

(1) P. — Collectanea diversarum provinciarum, regnorum ac missionum exterarum. Miscellanea, t. 40, ff° 190-195. Copie du temps, avec le nom du destinataire : Couplet.

AR. — N° 872-915, ff° 98-100. Copie du temps, mais sans le nom du destinataire.

Le voyage de 1683 a presque toujours été réédité en même temps que celui de 1682 ; notamment :

1° En français : *Voyages de l'Empereur de la Chine...* pp. 41-74 ; Du Halde, *Description de la Chine...* t. 4, pp. 81-86.

2° En flamand : *Noord en Oost Tartarey..* door Nicolaes Witsen, Tweede druck, Eerste deel, pp. 202-207.

» Plusieurs raisons déterminèrent l'empereur à entreprendre ce voyage.

» La première était d'entretenir sa rude milice, pendant la paix comme pendant la guerre, dans un mouvement et un exercice perpétuel. Voilà pourquoi, après avoir établi une paix solide dans toutes les parties de ce vaste empire ; après avoir rappelé de chaque province ses meilleures troupes dans cette ville de Péking, l'empereur, en son conseil suprême, résolut cette année même de faire désormais annuellement trois expéditions de cette espèce, à répartir en divers mois. Par la poursuite et la tuerie des cerfs, sangliers, ours et tigres, il voulait, sous couleur de chasse, fournir à ses soldats un nouveau genre de combats, qui leur apprendrait à vaincre les rebelles, serait comme le prélude des vrais batailles futures, empêcherait les troupes de se ramollir dans l'oisiveté de la paix, les plaisirs de la Chine et le luxe.

» En effet, ce départ de l'empereur pour la chasse a tout à fait l'allure d'une entrée en campagne de rois et de généraux. Car, comme je l'ai écrit ci-dessus, il emmenait avec lui plus de 100 000 cavaliers et de 60 000 hommes, tous armés d'arcs et de flèches et ceints d'un glaive. Divisés par compagnies, ils suivaient leurs étendards au bruit des trompettes et des tambours, marchant en ordre de bataille.

» Pendant la chasse, ils investissaient en cercles immenses les montagnes et les forêts, comme cela se pratique dans le siège des villes... Cette armée était divisée en avant-garde, corps de bataille, arrière-garde, aile droite et aile gauche, commandés par autant de chefs et de petits rois. »

J'abrège ; mais voici cependant encore un épisode où Verbiest est directement en jeu.

« L'empereur, dit-il, nous rencontra un jour dans une grande vallée, où nous mesurions avec un instru-

ment les distances de quelques montagnes. Il commanda halte à toute l'armée, puis élevant la voix, nous cria à distance en chinois : *Haô Mô*, c'est-à-dire, vous portez-vous bien ?

» Prenant ensuite la parole en tartare, il nous posa plusieurs questions sur la hauteur de certaines montagnes. Je lui répondis en tartare.

» Se tournant alors vers les seigneurs qui l'environnaient, l'empereur leur parla de nous en termes fort obligeants, comme je l'appris le soir même, par l'oncle de l'empereur, l'un des principaux princes qui étaient à ses côtés.

» Il nous a montré encore son affection, par des témoignages positifs ; nous a fait souvent, en public, apporter de sa tente dans la nôtre, de nombreux plats de sa propre table ; nous a même parfois invités dans sa tente, pour nous y faire servir des mets divers.

» Dans chaque envoi de ce genre, il ordonnait de mettre l'un ou l'autre plat dont nous pouvions manger les jours d'abstinence, car l'empereur sait parfaitement que nous avons de nombreux jours où nous devons jeûner et nous abstenir de viandes. Qui plus est, en pareille occasion, il envoie le plus souvent demander, par un des siens, si nous avons, oui ou non, jour de jeûne. »

Verbiest ne peut s'empêcher de clore cette lettre sans quelques nouvelles doléances sur la lassitude que lui causaient ces expéditions. Malgré tous les honneurs qu'on lui prodiguait, malgré les marques d'attention de tout genre dont il était l'objet, pas un missionnaire de la Chine entière, dit-il, n'a souffert, dans ses courses apostoliques, le vingtième des fatigues qu'il dut endurer. C'est qu'il avait 60 ans et était usé avant l'âge !

Kang Hi en eut désormais pitié. Prenant en considération les infirmités précoces du président du tribunal des mathématiques, le voyage de 1683 fut le dernier

auquel il l'obligea à prendre part ; dans les suivants il l'autorisa à se faire remplacer par des pères plus jeunes que lui.

Mais l'ère du repos n'avait pas sonné pour cela. En 1684, la correspondance des missionnaires nous montre Verbiest revêtu de la charge de vice-visiteur de la Chine. Voici, par exemple, en quels termes Prosper Intorcetta, consulteur de la vice-province, rendait compte au général de l'administration des supérieurs de la Chine (1).

« Nos ministères et nos missions se font avec le plus grand fruit par la Chine entière, écrivait-il de Ham Cheu, le 30 juillet 1684. Plût au Ciel, que le nombre des pasteurs fût proportionné à la multitude des brebis ! Le gouvernement du père vice-visiteur Ferdinand Verbiest et du père vice-provincial Jean Valat me paraît doux et prudent (2). »

Oui ! Verbiest administrait la vice-province à la satisfaction de tous les hommes sages ! Pourquoi me faut-il employer intentionnellement ce terme restrictif ? Qui le croirait, si les pièces officielles n'existaient encore ? Calomnié par des jaloux, plus souvent encore simplement mal compris par des religieux à courte vue, d'ailleurs bien intentionnés, Verbiest dut le 28 avril 1684, envoyer de Péking à Rome un mémoire au P. de Noyelle, pour justifier sa présidence du tribunal des mathématiques et montrer une fois de plus qu'elle était nécessaire au progrès de la religion en Chine (3) !

(1) SJ. Autographe. Intorcetta à Charles de Noyelle.

(2) Dans le gouvernement de la Compagnie la charge de visiteur est supérieure à celle de provincial.

(3) SJ. en double exemplaire. Le premier entièrement autographe. Le second est de la main d'un secrétaire, mais l'attestation finale et la signature sont autographes.

En résumé, Verbiest prit au moins à trois reprises, devant Rome, la défense de la présidence du tribunal des mathématiques.

1° En 1661 dans un long mémoire à Goswin Nickel intitulé : Quomodo

X

En 1685, les lettres de Verbiest au général Charles de Noyelle et à Nicolas Avancini, assistant d'Allemagne, sont toutes riches en nouvelles, mais la plus intéressante à notre point de vue est celle du 1r août à Avancini.

« Révérend Père dans le Christ (1).

» Pax Christi.

» L'an passé je vous ai envoyé quelques exemplaires de l'épitaphe du P. Herdtrich, le P. Enriquez des portugais. Cette épitaphe était en caractères chinois, tracés de la main propre du très puissant monarque des deux Tartaries et de la Chine. Je vous envoie maintenant l'autographe impérial lui-même, en y joignant quelques nouvelles de la mission, concernant les événements de cette année et de la fin de l'an dernier, notamment ceux de cette cour de Péking. La mission entière en a tiré le plus grand fruit.

» Les voici :

» 1° Au mois de décembre 1684, le P. Philippe Grimaldi fut envoyé, par l'empereur, dans la province de Xan Si, à notre résidence de la ville de Kiam Cheu, à une distance de plus de 20 jours de marche. Le P. Christian Enriquez y était passé au mois de juillet de

P. Joannes Adamus Schall licite suscipiat praefecturam mathematices apud Sinas.

J'ai dit, naguère (*Documents sur Albert Dorville*, pièce n° V, p. 491, en note) que ce mémoire était perdu. Grâce à une indication du P. Joseph Brucker, je l'ai retrouvé depuis. — SJ. Autographe.

2° En 1681, dans le *Responsum Apologeticum*.

3° En 1684, dans la mémoire cité ci-dessus.

(1) SJ. Autographe.

Nicolas Avancini, destinataire de cette lettre, naquit dans le diocèse de Trente en 1612, entra au noviciat de Gratz, en 1627, fut nommé assistant d'Allemagne en 1682, et mourut à Rome, le 6 décembre 1686.

la même année à une vie, espérons-nous, meilleure. Le P. Grimaldi, dis-je, y fut envoyé pour y porter cette même épitaphe autographe.

» C'est chose qui paraîtra peut-être incroyable, aux habitants de l'Europe surtout, que le prestige et les avantages procurés par pareil événement à la république chrétienne et plus particulièrement dans cette province.

» Reçu par les principaux dignitaires de la province avec des honneurs singuliers, le P. Philippe Grimaldi célébra les obsèques et funérailles du P. Christian avec une éclatante solennité. Les principaux mandarins chinois y assistèrent. Ils offrirent des présents funéraires conformément à leurs rites civils, ce qui est une grande marque d'honneur et d'affection pour le père défunt.

» Il y avait là le P. François Gayosso, venu peu de jours auparavant de la province voisine de Xen Si. Il y avait là aussi le P. Manuel Saurifice, envoyé des provinces méridionales par le P. Jean Valat, vice-provincial, pour remplacer le P. Enriquez à la résidence.

» Le premier mandarin, nommé Pu Chim Fu, envoya de la capitale (de la province) éloignée de huit jours, des présents funéraires, pour les déposer sur le tombeau du père. Il offrit d'autres présents au P. Manuel Saurifice son successeur et prescrivit en outre au préfet de la ville d'y célébrer en son nom les cérémonies funèbres.

» J'écrivis à cette occasion plus de vingt lettres aux principaux mandarins de cette province, c'est-à-dire au vice-roi et aux autres, notamment à ceux qui avaient les églises chrétiennes les plus importantes dans le domaine de leur juridiction. A chacun d'eux je fis parvenir un exemplaire de l'épitaphe de l'empereur. Je leur recommandai, en même temps, le P. Manuel Saurifice, le nouveau successeur (du P. Enriquez). Parti pour la capitale (de la province), en cette année 1685,

le P. Saurifice y fut reçu par les principaux mandarins avec beaucoup d'honneurs et de sympathie. Le vice-roi lui-même, retenu par la maladie et les affaires, dépécha à trois reprises des messagers au P. Saurifice, pour s'excuser de ne pouvoir s'aboucher avec lui. Tout cela, le P. Saurifice vient de m'en informer de cette capitale.

» 2° Au moment que l'empereur faisait partir l'épitaphe du P. Christian Enriquez, il quittait lui-même la cour, pour se rendre en grand cortège vers la province de Xam Tum, où se vénère le tombeau de Confucius, et aller de là visiter la province de Nanking.

» Aussitôt arrivé à la capitale du Xan Tum, il envoya des personnages de sa cour à l'église que nous y possédons. Mais le P. Jean Valat, vice-provincial, qui y a sa résidence ordinaire, faisait à ce moment la visite de la province de Nanking, il était absent et se trouvait dans la capitale de cette dernière province. Pour toute excuse, on ne donna à l'empereur que celle-là même, c'est-à-dire, que le P. Valat était parti pour Nanking.

» L'Empereur étant arrivé quelques semaines plus tard dans la capitale de Nanking, envoya de nouveau des personnages de sa cour à notre collège. Le P. Jean Dominique Gabiani s'y trouvait, avec le P. Jean Valat, vice-provincial. Les personnages de la cour visitèrent en détail le collège, l'église, firent beaucoup causer les pères, puis rendirent compte de tout à l'empereur.

» Celui-ci manda aussitôt les deux pères, au palais, les admit en sa présence avec une singulière bonté, interrogea lui-même les pères longuement, familièrement, d'un visage tout à fait bienveillant, puis leur fit servir à chacun un verre de vin de raisins — chose inouïe en Chine, où on ne trouve pas de vin, excepté celui qui fut fabriqué à l'européenne en ces dernières années dans cette cour même de Péking, sous notre direction et par ordre de l'empereur (1) —. Il ordonna de le donner

(1) C'était le P. Christian Herdtrich qui en avait été chargé. Voir la lettre

à boire en sa présence. Puis d'un air riant et gracieux : *J'ai fait intentionnellement apporter ce vin de la cour de Péking*, dit-il, *pour pouvoir vous l'offrir à boire.* Ensuite, en face de toute sa cour et des principaux mandarins de la province, il donna à chaque père des cadeaux en argent et en étoffes de soie ; enfin les renvoya ainsi au collège.

» Votre Révérence apprendra mieux bien d'autres détails encore, par les lettres particulières que les pères ne manqueront pas de lui écrire sur toute cette affaire (1).

» Tous ces événements, les pères de Nanking nous en informèrent immédiatement par des lettres envoyées à la Cour de Péking, pour que nous en remercions itérativement en leur nom l'empereur dès son retour. Nous donc, comme l'empereur rentrait à Péking, et s'approchait de la cour, nous partîmes de grand matin à sa rencontre, l'espace d'une demi-lieue, pour lui rendre nos actions de grâces et celles de nos compagnons. Tombant à genoux au milieu de la route, nous prosternant le front contre terre, nous lui exprimâmes nos sentiments de reconnaissance. Les nôtres, dis-je, car un conseiller intime de la cour nous l'avoua sans détour : *Ces témoignages si extraordinaires de bienveillance*, dit-il, *donnés si libéralement par l'empereur à vos compagnons qu'il n'a jamais vus, ni connus, tout cela il l'a fait pour vous qui habitez cette cour de Péking.*

» 3° Au mois de février de cette année 1685, nouvel

de Jean de Haynin à Charles de Noyelle, datée de Macao, le 24 février 1675. *Correspondance de Jean de Haynin d'Ath*, pièce n° IV.

(1) Voir notamment la lettre du P. Valat lui-même, au P. de Noyelle, datée : « Ex China, Maii 1685 ». S.J. Deux exemplaires autographes.

Deux apostilles d'archivistes intéressantes montrent combien, malgré la paix de l'empire, les communications entre Rome et la Chine continuaient à être difficiles. L'une des lettres porte la note : R(esponsum) 24 januarii 1688 », donc après deux ans huit mois environ ; l'autre : « Pervenerunt hae litterae Romam, 30 décembre 1689 », après quatre ans et sept mois de voyage !

an chinois, tout cet immense empire jouissait de la paix la plus profonde. En signe d'allégresse, l'empereur fit allumer des feux de triomphe et de joie et donna en spectacle d'autres fêtes, dans un vaste terrain sis hors des murs de Péking. Il y convoqua pendant deux jours les petits rois, les seigneurs, les mandarins de la cour entière et voulut que nous y assistions. Par une marque de distinction toute particulière, il nous fit placer sur une estrade élevée, proche de l'estradeimpériale, d'où l'on pouvait commodément tout voir. Les petits rois, les seigneurs et les mandarins étaient assis à une place moins en vue.

» 4° Dans un entretien particulier, j'avais informé l'empereur de l'arrivée de notre mathématicien, c'est-à-dire du P. Antoine Thomas débarqué l'année précédente au port de Macao. L'empereur décida de faire l'entrée de notre collègue sous le couvert de l'autorité publique. Ordre en fut donné le 16 mars, par décret émanant de son initiative privée ; genre de décret reçu ici avec le plus profond respect, tels des oracles de Delphes. On les nomme arrêts du grand Xam Yu. Écrit en langue tartare, il fut transmis aux deux colaos de cette nation, principaux gouverneurs de l'Empire. En voici les paroles textuelles :

Nan Hoai Gîn (c'est mon nom chinois et tartare) *se fait vieux. J'ai appris la présence à Macao d'hommes aussi versés en astronomie et en d'autres sciences que Nan Hoai Gîn ; très bien doués par la nature, mais plus jeunes que lui. Vous, entendez-vous avec le tribunal des rites* (ce tribunal, l'un des principaux de l'empire, a parmi ses attributions la surveillance des étrangers). *Interrogez Nan Hoai Gîn. Demandez-lui leurs noms. Communiquez-moi ces noms par écrit. Informez-vous s'il y a là-bas des hommes bien au courant de la médecine.*

» Aussitôt cet ordre reçu, les colaos députèrent des messagers au président (chinois) du tribunal des rites,

au tartare, ainsi qu'à moi, pour nous commander de nous rendre, le lendemain de grand matin, au collège des colaos. C'est l'heure où les suppliques se remettent d'ordinaire à l'empereur. Quand nous y arrivâmes, ils nous communiquèrent solennellement et par écrit l'ordre précédent.

» J'y répondis immédiatement en tartare, aussi par écrit, en disant : qu'à Macao un seul de nos collègues était très fort en mathématiques ; qu'il se nommait Gaû Tô, nom (chinois) du P. Antoine Thomas ; que j'ignorais si, oui ou non, il y avait là aussi quelque excellent médecin.

» Cette réponse fut portée par les colaos à l'empereur, qui ordonna sur le champ au tribunal des rites d'envoyer à Macao deux mandarins dépendant du tribunal, avec mission de conduire le P. Thomas à la cour de Péking et de leur adjoindre l'un de mes deux collègues (1). Ils s'enquéreraient à Macao du susdit médecin.

» Les colaos m'ayant avisé de cet ordre, j'obtins sur l'heure une audience privée de l'empereur. Il me demanda lequel de mes deux collègues me paraissait le mieux indiqué pour entreprendre immédiatement le voyage de Macao. Je nommai le P. Philippe Grimaldi et l'empereur ratifia aussitôt ce choix.

» Le lendemain je me rendis de nouveau à la cour, avec les deux pères mes collègues. Admis en présence de l'empereur, nous nous prosternâmes le front contre terre à la manière chinoise et nous remerciâmes Sa Majesté pour sa grande bonté à notre égard.

» Sans nous laisser presque achever :

» *Je cherche uniquement le bien public*, nous dit l'empereur, *c'est-à-dire à pourvoir à l'astronomie et au service du calendrier du royaume. Aucun intérêt privé ne me guide en vous envoyant à Macao.*

(1) C'étaient Thomas Pereira et Philippe Grimaldi.

» L'empereur voulait nous faire entendre, qu'il n'envoyait pas le P. Grimaldi à notre port de Macao, pour lui procurer des curiosités d'Europe, par exemple, des horloges à roues finement travaillées, des lunettes, etc., mais qu'il avait en vue le bien de l'État ; car en Chine on regarde la science astronomique comme rattachée au régime politique général du royaume.

» Bientôt après il fit remettre au P. Grimaldi 50 pièces d'argent chinois, d'une valeur d'environ 70 patacons espagnols, pour ses frais d'habits de voyage. Avec beaucoup de bonté, il lui recommanda de faire route sans hâte et en ménageant toujours bien sa santé. En outre il lui fit adjoindre cinq domestiques et ordonna de leur donner à chacun un cheval que le P. Grimaldi ferait relayer chaque jour dans les hôtelleries royales. — Le long des routes publiques il y a partout de nombreuses hôtelleries royales, bâties comme des palais de tribunaux. Des messagers royaux y logent quotidiennement et y sont entretenus aux frais du trésor public.

» Les mandarins du tribunal des rites envoyés à Macao reçurent en particulier l'injonction de l'empereur de céder partout en public la préséance au P. Grimaldi. Pendant toute la route, qui est fort longue, le P. Philippe Grimaldi fut donc reçu avec les plus grands honneurs par les vice-rois de toutes les provinces et les principaux préfets. Le P. Philippe vient de m'en informer, par lettres venues de Macao, et me demande de bien vouloir les remercier chacun en particulier en mon nom. Je l'ai fait aussitôt.

» Quand le P. Grimaldi et les mandarins de sa suite approchèrent de la ville de Macao, le magistrat se porta en grand cortège à sa rencontre. Au moment où on s'aborda, à un signal, tous les canons des remparts tonnèrent, donnant ainsi, par leur volée de fête, un premier salut. Les édifices de la ville tremblèrent moins qu'ils n'en trépignèrent de joie. A plusieurs reprises la

sonnerie des cloches de toutes les églises y joignit sa salutation de bienvenue, pour fêter cet événement si extraordinairement rare.

» Grâce à la Providence et à la Clémence divine, ce fut à un moment où les habitants de Macao fort traqués par les mandarins préposés aux affaires maritimes et réduits à toute extrémité voyaient s'évanouir à peu près tout espoir d'améliorer leur situation, ce fut à ce moment-là même, dis-je, que le P. Grimaldi fit son entrée à Macao. Il sera déjà parvenu, je l'espère, à régler les difficultés. Votre Révérence sera mieux mise au courant de leur objet précis, par les lettres de ceux qui habitent là-bas (1) ; j'en dis seulement un mot ici d'après celles qui viennent de m'être envoyées de Macao.

» 5° Au temps que le P. Philippe Grimaldi était à Macao, je veux dire le 2 juillet, l'empereur, désireux de fuir les chaleurs de la canicule de Péking, partit de nouveau pour les montagnes de la Tartarie Orientale. Ce sont ces montagnes et ces vallées où le P. Grimaldi et moi nous le suivîmes il y a deux ans et dans les-

(1) Sur la cause de la détresse de Macao, voici, par exemple, quelques renseignements intéressants tirés de la correspondance du P. Joseph Tissanier, visiteur des provinces du Japon et de la Chine, avec le P. Antoine Verjus, procureur des missions du Levant, à Paris :

« Le P. Ferdinand Verbiest vient de m'écrire de Pékin que l'empereur Tartare s'est résolu à ouvrir les mers et qu'ils a permis aux Chinois de trafiquer avec les étrangers. Il a desseïn de voir si le commerce augmentera ses trésors Si dans deux ans il se trouve plus riche, il tiendra ferme dans sa résolution et si le trafic ne luy est pas avantageux, il fermera ses ports comme il le faisoit auparavant. Ce dessein n'est pas favorable à la ville de Macao. » (Macao, 24 janv. 1686. Copie du temps en français. Bibl. du coll. de la Comp. de Jésus à Cantorbéry. Fonds de l'École Ste Geneviève. Rits Chinois et Malabars).

» Les pères de Pékin sont toujours fort estimez à la cour. Deux mandarins avec le P. Grimaldi sont venus à Macao pour conduire à Pékin le P. Antoine Thomas, et pour chercher quelques curiositéz d'Europe pour l'empereur, dont la puissance est si grande qu'il semble qu'elle n'a rien à craindre. Ce prince a ouvert tous ses ports au commerce des estrangers, mais on appréhende que Macao ne perde une grande partie de son trafic. Les Hollandois et les Anglois tâchent de profiter de cette occasion pour se rendre les maistres du commerce.» (Macao, 4 novembre 1685, Autographe, en français. Même recueil).

quelles nous voyageâmes pendant trois mois. J'en ai longuement écrit les années précédentes. L'empereur prit cette fois avec lui le P. Thomas Pereira, portugais, qu'il traita absolument comme nous et avec la même générosité, quand il nous emmena avec lui. Il se fit accompagner par le P. Thomas, surtout dans le but d'apprendre la musique européenne, que le P. Thomas possède parfaitement. Cet empereur se fait incontestablement la plus haute idée de nos sciences européennes!

» Quant à moi, resté seul entre temps dans notre maison de Péking, il m'a donné plusieurs travaux à exécuter pour son retour.

» Dans ce déplacement, l'empereur prit avec lui le carrosse de voyage, dont je lui avais fait cadeau, peu de jours avant son départ de la cour. Un jeu continu de plusieurs indices fait en tout endroit connaître, par le nombre des tours de roue du carrosse, quel est le nombre de stades chinois et de pas parcourus (1). D'ailleurs des pluies ininterrompues et des averses torrentielles retiennent encore l'empereur à peu de milles au-delà du mur chinois, sans lui permettre d'avancer plus loin. Je viens de l'apprendre par les lettres du P. Thomas (Pereira). Il m'y écrit, qu'en attendant il se porte bien et qu'au cours de la route il est reçu familièrement par les petits rois et les autres grands. Le fils aîné de l'empereur fit passer des friandises au père, en lui demandant un cadran solaire et une lunette. Comme le P. Thomas ne les avait pas sous la main, je les envoyai d'ici ; car ce fut précisément là la réponse du P. Thomas, qu'il m'enverrait des lettres

(1) Le gantois Lievin Hulsius avait jadis imaginé un appareil de ce genre. Voir : *Vierdter Tractat der Mechanischen Instrumenten Levini Hulsii. Gruntliche Beschreibung des Diensthafften unnd Nutsbahrn Instruments Viatorii oder Wegzahlers, so zu Fuss, zu Fferd, und zu Gutzen gebraucht werden kan...* Gedruckt zu Franckfurt am Mayn, bey Wolffgang Richtern, In Verlegung dess Authorn. M. D. V. (BR. fonds V. H. 8168).

pour se procurer ces objets. Nous lui avons déjà donné satisfaction. Je vous en écrirai plus longuement, quand le P. Thomas (Pereira) sera rentré.

» Je demande à Votre Révérence de communiquer cette lettre nommément au P. assistant de Portugal (1). Sa Révérence voudra bien, je l'en prie, la regarder comme lui étant personnellement écrite. Il en est de même du P. Philippe Couplet, si toutefois il est encore là bas.

» Sur ce, je me recommande instamment aux saints sacrifices de Votre Révérence.

» De Péking, le 1er août 1685.

» De Votre Révérence le serviteur dans le Christ.

» Ferdinand Verbiest. »

Antoine Thomas, dont il est question dans cette lettre, tout en ayant joué, à Péking, un rôle d'une importance au moins égale à celui de Verbiest, est bien plus oublié dans sa patrie que son illustre compatriote. A la mort de celui-ci, il remplit par intérim, pendant quelques années, la charge de président du tribunal des mathématiques, jusqu'au retour à Péking du nouveau titulaire, le P. Philippe Grimaldi, chargé alors d'une mission en Europe au nom de Kang Hi. Cette présidence intérimaire fut l'un des moindres travaux de Thomas. Il eut une carrière brillante, tapageuse, agitée, peut-être même parfois discutable, mais je n'ai pas à examiner ici sa conduite. Pour le rappeler en un mot, Thomas fut le principal antagoniste du cardinal de Tournon, dans la querelle des rites chinois. Eut-il tous les torts ? J'en doute, mais, encore une fois, pour le moment peu importe ; il a pu se tromper et se trompa même évidemment en plus d'une circonstance.

(1) Le P. Antoine Regus, ou Antonio do Rego, né à Carvalhal, dans le diocèse de Lisbonne, en 1625, admis dans la Compagnie le 14 mars 1639, fut nommé assistant du Portugal en 1683 et mourut à Rome, le 23 février 1709.

Ce fut néanmoins un saint religieux, d'une science astronomique éminente, d'un dévouement pour Verbiest à toute épreuve, seuls points de vue où il me le faille considérer.

Fils de Philippe Thomas (1), procureur près du conseil de Namur, et de Marie Derhet, Antoine naquit à Namur le 25 mars 1644. Après avoir suivi, pendant huit ans, les classes d'humanités au collège de la Compagnie de Jésus de sa ville natale, il entra, le 8 septembre 1660, au noviciat de Tournai.

Vingt ans plus tard, le 3 avril 1680, il s'embarqua à Lisbonne pour la Chine, et arriva à Macao dans le courant de 1682. Le voyage fut coupé par de longues escales à Goa et au Siam. Partout en cours de route, Thomas employa ses loisirs, soit à relever la position des villes par lesquelles il passait, soit à d'autres déterminations astronomiques. Les résultats obtenus, communiqués à l'Académie des sciences de Paris par le P. Goüye, S. J., membre de l'Académie, furent jugés assez importants, par ce corps savant, pour mériter l'impression dans ses Mémoires (2).

La réputation de Thomas se répandit bientôt jusqu'à Péking, où elle parvint aux oreilles de Kang Hi, qui résolut, nous venons de le dire, de l'attacher à sa personne. Dès l'arrivée de Grimaldi à Macao, Thomas en remercia Verbiest, par une lettre ampoulée écrite, il est vrai, bien moins pour le destinataire que dans le

(1) Voir, pour plus de détails, la courte notice sur Thomas, que j'ai publiée dans les Missions Belges de la Compagnie de Jésus. *Lettre inédite d'Antoine Thomas*, t. 10. Bruxelles, 1908, pp. 12-23 et 60-65.

(2) *Observations physiques et mathématiques pour servir à la perfection de l'astronomie et de la géographie. Envoyées de Siam à l'Académie des Sciences à Paris, par les PP. Jésuites François qui vont à la Chine en qualité de Mathématiciens du Roy.* Avec les réflexions de Messieurs de l'Académie et quelques notes du P. Goüye de la Compagnie de Jésus. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Depuis 1666 jusqu'en 1669, tome VII. Seconde partie. A Paris. Par la Compagnie des libraires MDCCXXIX ; pp. 41-46. — Le P. Goüye était, on le sait, membre de l'Académie.

but d'être mis sous les yeux de l'empereur. Ce style de mauvais goût est rare dans la volumineuse correspondance de Thomas (1).

« Révérend Père dans le Christ.

» Pax Christi !

» Jamais je n'aurais eu la pensée que, malgré mon indignité, l'empereur des deux Tartaries et de la Chine m'accorderait l'insigne faveur de m'appeler à sa cour, avec tant d'honneurs et en si grand appareil. Ce bienfait de l'auguste empereur m'est du plus haut prix. Je voudrais le proclamer à l'Europe entière ! Il me fait regarder comme de peu de chose les souffrances et les dangers de ma longue navigation. Je me consacrerai, avec très grande joie, tout entier au service de l'empereur.

» Pour moi, ce sera sans doute une fort grande gloire et un bonheur, que de servir un si illustre et si bon empereur, en lui enseignant non seulement le mouvement des étoiles et les autres sciences, mais en lui apprenant aussi à connaître le Maître des étoiles, première cause de toute chose. Par la lumière de la raison naturelle, ce Maître met ses commandements à la portée de l'intelligence de tous les mortels. Les garder fidèlement est l'unique moyen pour les princes d'avoir une vie douce et tranquille ; car la paix de l'âme et l'aisance dans le gouvernement s'acquièrent surtout en obéissant aux ordres de la raison.

» En attendant que je puisse témoigner de vive voix à un si grand prince, toute ma reconnaissance pour un bienfait si rare, Votre Révérence voudra bien, du moins, la lui assurer en mon nom. Pour moi, me rappelant sans cesse tant de bonté, je tâcherai de toutes mes forces d'y correspondre par mes services. Je deman-

(1) SJ. — Copie du temps, qui a en tête cette apostille : « Exemplar epistolae gratiarum actionis scriptae P. Ferdinando Verbiest, Macai 10a Julii, Imperatori linguâ tartaricâ explicandâ ».

derai chaque jour à Dieu, Créateur et Maître de l'univers, de veiller à l'intégrité de l'empire et à la paix de son gouvernement !

» Salut !

» De Macao, le 10 juillet 1685.

» Votre très humble serviteur dans le Christ

» Antoine Thomas. »

A vrai dire, la nomination de Thomas à l'observatoire de Péking ne dut guère le surprendre. Dès le 14 janvier 1684, il faisait part de ses espérances à Balthasar III Moretus, le grand imprimeur anversois (1). La chose est décidée, dit-il, il part pour la Chine, avec deux autres pères, qui y entreront avec lui.

En parlant ainsi, il se trompait un peu, car il partit seul.

Le 8 décembre de la même année, il disait à un certain père Alexandre, dont il ne nous donne que le prénom (2) :

« Le temps me manque pour vous écrire longuement. Je dois faire en hâte mes préraratifs de départ, tâcher de me procurer quelques objets dignes d'être présentés à l'empereur sans courir le risque de lui causer une déception.

« Je me sens bien plutôt né pour des paysans, que pour cette cour où m'envoie la manifestation réitérée de la volonté divine. Je prie instamment Votre Révérence d'aider mes efforts, en me tenant au courant des volumes et des découvertes qui puissent m'être utiles à la cour. Les sciences mathématiques y sont la cause de notre influence sur l'empereur, et le fondement de la liberté, dont y jouit la religion ! »

(1) Autographe appartenant à la bibliothèque du collège Notre-Dame à Anvers.

(2) AR. — N° 872-915, ff^{os} 127-128. Pour des raisons trop longues à exposer ici, nous croyons qu'il s'agit du P. Alexandre de Bonmont, né à Lille, mort à Douai le 23 mars 1718.

Arrivé à Péking, Thomas fut pour Verbiest le plus modeste, le plus actif, le plus intelligent des collaborateurs. Oui, Nan Hoai Gin se faisait vieux ! Mais jamais son influence n'avait été plus grande ! Il fallait l'aider, non pas chercher à prendre sa succession.

Thomas se fit son secrétaire.

Désormais plusieurs lettres, parfois même celles au général, seront dictées par Verbiest, puis simplement signées par lui. Thomas tient la plume sans se nommer, mais son écriture très reconnaissable le trahit.

En d'autres circonstances, Verbiest, allant plus loin encore, le charge complètement de rédiger en son nom lettres et mémoires. C'est le cas, par exemple, pour le projet de fondation d'un séminaire chinois au Siam (1).

La Bibliothèque Royale de Belgique possède deux souvenirs précieux de cette collaboration intime : deux tables des mouvements des planètes pour 1686, l'une en chinois, l'autre en mantchou (2). Toutes deux sont des cadeaux envoyés par les jésuites de Péking à ceux de Paris. Les calculs sont de Verbiest, les petites notes manuscrites anonymes, ajoutées à la première page, sont de la main de Thomas (3).

XI

Nous avons déjà vu Verbiest servir d'intermédiaire et de truchement entre Kang Hi et les étrangers de distinction auxquels ce prince daignait accorder des

(1) SJ. — Deux exemplaires de la main de Thomas.

(2) BR., fonds V. H. nos 8011 et 8428.

(3) Je signalerai ici, le *Typus eclipsis Lunae*, du 6 juin 1686, possédé par la Bibliothèque de l'Université de Gand (Reserv. 1399). Une note au crayon rouge dit : « Figurae exhibent lunam orientem, pro quaque metropoli ». Les explications sont en deux langues, chinois et tartare, et l'opuscule est tout à fait dessiné sur le modèle de l'éclipse de lune du 25 mars 1671, dont nous donnons la traduction dans l'Appendice II, ci-dessous.

audiences à sa cour ; il nous reste à considérer une dernière fois le président du tribunal des mathématiques sous cet aspect. Sans doute, il était polyglotte ; mais s'il parlait et écrivait aisément beaucoup de langues, c'était, il faut l'avouer, d'ordinaire assez incorrectement. N'importe, ambassadeurs portugais, hollandais, russes, siamois même, ignorant tout à fait le chinois, recouraient volontiers à ses bons offices. Incapables de se faire entendre à Péking dans leurs idiomes nationaux, ces étrangers trouvaient, dans Verbiest, leur interprète indiqué près de l'empereur. Le missionnaire s'y prêtait volontiers. Mais, à la fin de sa carrière, la confiance et l'affection de Kang Hi ne lui permirent pas toujours de se contenter du rôle effacé de simple intermédiaire ; les circonstances donnèrent parfois à son intervention l'importance de celle d'un ministre des affaires étrangères.

Dans une lettre datée de Macao et du 20 janvier 1685, Antoine Thomas en faisait la remarque (1). Les ambassadeurs du roi de Siam, écrit-il au P. de Noyelle, attribuent tout le succès de leur mission aux bons offices du P. Verbiest. Le portugais servit de langue diplomatique. Les Siamois le parlaient. A l'issue des négociations, Constantin Faulcon, premier ministre du roi de Siam, écrivit en portugais à Verbiest une lettre de remerciements (2). Il y joignit un beau Christ d'or massif offert, par le roi son maître, à l'interprète, en témoignage de reconnaissance.

L'influence de Verbiest ne se fit pas moins sentir dans les négociations qui eurent lieu, tantôt entre les Hollandais et la Chine, tantôt entre la Chine et les Russes. Avec les Hollandais, la langue auxiliaire s'imposait : le flamand ; avec les Russes on parla latin.

(1) SJ. — Autographe.

(2) SJ. — Verbiest en transcrit le texte, dans une lettre à Charles de Noyelle, datée de Péking et du 10 novembre 1685.

Dans ces conversations diplomatiques, le jésuite avait sa politique à lui, mais ne parvenait pas toujours à faire partager ses idées par l'empereur. Malgré leur estime réciproque, les points de vue de ces deux hommes étaient par trop différents. Verbiest, nonobstant ses efforts pour contempler les affaires de haut, restait dans ses avis, exclusivement missionnaire, le bien de l'empire s'identifiant à ses yeux avec celui de la religion. Kang Hi s'en apercevait sans se froisser, et demeurait incrédule. C'était le cas, quand l'entretien tombait sur Macao.

Mais l'empereur ne faisait cependant pas systématiquement la sourde oreille. Il aimait, par exemple, les Hollandais dont il appréciait le dévouement, très intéressé il est vrai, et les nombreux services. Verbiest les redoutait parce qu'ils étaient calvinistes. Toute sa politique consista à les empêcher d'obtenir définitivement en Chine un comptoir commercial. Ce ne fut pas difficile. Puissants sur mer, les Hollandais pouvaient devenir redoutables. Kang Hi craignait trop les envahissements de l'étranger pour ne pas se laisser facilement convaincre. Malgré les sympathies impériales pour les *Hongmaos*, le comptoir demandé leur fut invariablement refusé. Cette fois Verbiest triomphait.

Envers la Russie souverain et conseiller étaient d'accord. Des démêlés de rectification de frontière avaient tourné à l'aigre et fini par la guerre. Kang Hi et Verbiest désiraient maintenant tous deux la paix, mais pour des motifs assez différents; l'empereur parce qu'il fallait bien terminer, d'une manière ou l'autre, une querelle sans issue par les armes, Verbiest parce qu'il espérait ouvrir, par la Sibérie, une voie rapide, sûre et commode, entre Rome et la Chine. Il ne fut pas donné à Verbiest de voir cette paix se conclure. Le traité de Nertchinsk (1) entre le tsar et le fils du ciel

(1) Le texte du traité est donné dans l'*Histoire des relations de la Chine*

fut signé le 27 août 1689, un an à peine après la mort du missionnaire. Deux jésuites, les pères Gerbillon et Pereira, le négocièrent. Kang Hi en fut si satisfait, que cette fois il accorda ce que, jusqu'en 1687, Verbiest lui avait toujours en vain demandé (1), la liberté complète pour la religion chrétienne, par toute la Chine. C'est l'objet du célèbre édit du 22 mars 1692, qui eut un retentissement si long, non seulement dans l'Empire du milieu, mais par l'Europe entière (2).

avec les puissances occidentales, 1860-1900, t. I. L'empereur T'oung Tche, (1861-1875), par Henri Cordier, Paris, Alcan, 1901, pp. 81-84.

(1) SJ. — *Copia libelli supplicis oblati die 3 maii 1687 imperatori Sinarum a P. Ferdinando Verbiest Societatis Jesus.*

(2) Voici d'après Couvreur, *Choix de Documents*, p. 109, le texte du décret :

« Votre serviteur Kou Pa Tei, président du Tribunal des rites et d'autres tribunaux, abaissés d'un degré, vous écrit respectueusement au sujet d'un décret impérial.

» Votre serviteur et ses collègues ont tenu une délibération dont voici le résultat :

» Des européens attirés par le désir de profiter des sages institutions de nos souverains, ont entrepris une traversée de plusieurs fois dix mille stades pour venir ici. A présent ils rédigent le calendrier. En temps de guerre ils ont fabriqué des canons et d'autres armes. Ils sont allés en ambassade auprès des russes. Ils ont montré un dévouement sincère, et ont mené les affaires à bonne fin. Leurs travaux et leurs services sont très nombreux. Dans les provinces où ils résident, ils ne font aucun mal, ne causent aucun trouble nulle part. Ils ne séduisent pas la multitude par de fausses doctrines, ne suscitent d'affaires sous aucun prétexte. Dans les pagodes des lamas et des autres bonzes de Bouddha, dans les temples de la Raison et des autres sectes, il est permis de brûler des parfums et de faire d'autres cérémonies. Les européens n'étant coupables d'aucune infraction aux lois, il ne semble pas juste de proscrire leur religion. Il convient de laisser subsister, comme autrefois, toutes les églises des chrétiens, de laisser libres, comme d'ordinaire, toutes les personnes qui vont y porter des parfums et d'autres offrandes à la divinité ; il ne faut pas les empêcher. Quand le décret aura paru, il sera bon d'en envoyer des copies à tous les gouverneurs des provinces qui dépendent directement de la cour impériale.

» Note commune adressée à l'empereur, le 20 mars 1692.

» Le 22 mars parut le décret suivant : Qu'on suive l'avis adopté dans la délibération. »

Pour plus de détails sur ce décret et son histoire, voir :

1° AR. — Carton renfermant les liasses 1431-1437. Longue lettre autographe du P. François Noel, à son frère Nicolas, datée de Cancheu, le 22 sept. 1692.

2° *Nouveaux Mémoires sur l'État présent de la Chine* (par Le Gobien),

Le Portugal eut toujours les affections de Verbiest. Le 22 mars 1684, le roi don Pedro II avait encore écrit (1) au président du tribunal de mathématiques pour le remercier de l'efficacité de son intervention en faveur des habitants de Macao et du commerce de la ville (2). En ses beaux jours, la cour de Lisbonne avait tant soutenu les missionnaires en Chine! Comment Verbiest n'eût-il pas été reconnaissant ? Mais sa clairvoyance ne lui permettait pas d'illusion sur le déclin de la puissance portugaise. Écoutons-le.

Ferdinand Verbiest à Charles de Noyelle (3).

De Péking, le 21 septembre 1686.

« Mon très Révérend Père en Jésus-Christ.

» Pax Christi !

» Au commencement du mois d'août de cette année 1686, un ambassadeur hollandais de la compagnie commerciale des Indes, dont le siège principal est à Batavia, vint à Péking chargé de nombreux et riches présents. L'empereur les reçut avec beaucoup de bonté et d'honneurs. Il se servit de nous comme interprètes, ce dont les Hollandais nous témoignèrent une vive gratitude.

t. 3. Contenant l'histoire de l'édit de l'empereur de la Chine, en faveur de la religion chrétienne, 2e éd. A Paris, Jean Anisson, M. DCC.

3° *Tabula Chronologica Monarchiae Sinicae, a R. P. Philippo Couplet Soc. Jesu. concinnata....* Anno M.DCCIII, Viennae, Typis Leopoldi Voigt. (Un exemplaire BB). « Appendix de libertate religionem christianam apud Sinas propagandi anno 1692 tandem concessa, ex relatione R. P. Josephi Suarez Pekinensis collegii rectoris excerpta », pp. 202-234.

(1) SJ. — La pièce est de la main d'un secrétaire ; le mot *Rey* d'un autre main.

(2) Macao n'était pas à proprement parler une colonie portugaise et la Chine prétendait y conserver tous ses droits de souveraineté.

(3) SJ. — Autographe.

Pour l'intelligence de cette lettre, je rappelle qu'en 1684 à titre d'essai, Kang Hi avait ouvert au commerce de l'étranger les ports de la Chine, avec défense absolue, cependant, aux européens de s'y établir.

» Les Hollandais firent tous leurs efforts pour obtenir un comptoir commercial permanent dans ce royaume ; mais en vain. L'excessive bonté de l'empereur leur fait néanmoins concevoir grand espoir de réussir bientôt. Ils mettent tout en œuvre pour se faire concéder ce comptoir.

» Depuis bien des années l'empereur attend des Moscovites une réponse à des lettres qu'il leur a envoyées d'ici, mais ne l'a pas encore reçue ; aussi craint-il que ces lettres ne leur soient pas parvenues. Il fut tout heureux d'apprendre qu'il pouvait envoyer des lettres aux Moscovites par l'ambassadeur hollandais et en obtenir par les Hollandais la réponse.

» Les Hollandais en furent plus heureux que lui. Ils y trouvaient l'occasion de rendre service et de se créer des titres à la reconnaissance. Bien plus ils en eussent de nouveau pris prétexte pour demander leur comptoir permanent, si nous ne les en avions dissuadés pour d'autres motifs. Ce comptoir serait la ruine de nos Portugais de Macao, qui sont là-bas dans la misère et la détresse la plus extrême. Le mois dernier, le P. recteur du collège de Macao nous a écrit, par deux voies différentes, que c'en serait fait cette année de la ville de Macao, si l'un de nous, qui sommes à la cour, ne venions consoler les habitants désespérés et remonter leur courage !

» Macao est la seule porte ouverte sur les missions de la Chine et du Japon ! Tous les missionnaires doivent y passer pour entrer en Chine ! Or les habitants songent à abandonner complètement la ville, pour transférer leur colonie au royaume voisin de Siam ! Dieu nous en préserve !

» Voici le principe de la politique chinoise : Si le port de Macao n'avait pas été depuis plusieurs années concédé aux habitants, s'ils ne s'y étaient pas acquis un droit de prescription, jamais, dans les circonstances

actuelles, ils n'eussent obtenu de comptoir stable, ni là, ni ailleurs. J'ai donc écrit tout récemment à ceux de Macao, que les efforts des Hollandais pour obtenir un comptoir permanent avaient échoué. Je voulais ainsi leur faire apprécier, à sa valeur, le prix de leur comptoir stable de Macao.

» Les choses en étaient là. Pleins d'anxiété nous cherchions les moyens de secourir les habitants de Macao, de diminuer leurs angoisses, de traverser les manœuvres des Hollandais, quand Dieu nous donna une inspiration : trouver une raison pour faire envoyer par l'empereur le P. Grimaldi à Macao !

» En ce moment le meilleur prétexte était de charger le père d'y porter les lettres de l'empereur au grand duc des Moscovites, pour les faire parvenir au plus vite par cette voie en Europe. Quand les Hollandais quitteront d'ici, ils ne pourront plus rejoindre les navires qui partent (de Batavia) pour l'Europe, au commencement de l'année prochaine. A la contrariété de l'empereur, ses lettres traîneraient à Batavia, où elles éprouveraient un retard d'un an.

» Si pour quelque motif le P. Grimaldi ne pouvait pas aller à Rome, je prie Votre Paternité de transmettre au plus tôt ces lettres moscovites au grand duc, d'en demander la réponse et de nous l'envoyer immédiatement par de multiples voies. Il s'agit de gagner de vitesse les Hollandais, de nous mériter la reconnaissance qu'ils escomptent, de conserver surtout une porte commode et toujours ouverte sur la Chine (1).

.....

» De Péking, le 21 septembre 1686.

» De votre Paternité
» le dernier des fils dans le Christ
» Ferdinand Verbiest. »

(1) Par la même occasion Grimaldi fut élu procureur de la vice-province de Chine, à Rome. J'omets la fin de la lettre, qui est relative à ce deuxième but de son voyage.

Oui, il s'agissait de sauver Macao, seule porte de la Chine ! Mais combien débiles étaient les gardes de cette porte ? Qui mieux que Verbiest s'en rendait compte ? Aussi, depuis de longues années, depuis sa grande lettre d'appel du 15 août 1678 aux pères d'Europe, ses yeux se tournaient-ils anxieusement vers un autre côté : la France !

A peine la susdite lettre circulaire de 1678 parvint-elle à Paris que le P. La Chaize la montra à Colbert. Confesseur du roi et ministre convinrent d'en faire part à Louis XIV. N'y aurait-il pas utilité pour la France à confier une mission scientifique, en Chine, à des jésuites français? Louis XIV approuva l'idée et le projet reçut aussitôt un commencement d'exécution. Il paraissait si naturel, si indiqué par les circonstances, que, chose étrange, La Chaize ne songea pas même à en informer le général. Charles de Noyelle protesta (1).

« (De Rome), ce 4 février 1682. Au P. François de la Chaize, à Paris.

» On nous a averti naguère, qu'en divers lieux et provinces, on avait fait connaître le désir du roi très chrétien d'envoyer quelques-uns des nôtres en Chine, ou du moins dans les mers de la Chine.

» Nous sommes un peu surpris, que ni moi, ni le général récemment défunt, nous n'ayons été d'aucune manière avisés d'une affaire aussi importante. Nous ne saurions oublier cependant combien le feu P. général était toujours enclin à prévenir les désirs du roi très chrétien, dès qu'ils rentraient dans les limites des exercices de notre vocation. Nous entendons ne lui céder en rien sur ce point. Pour avoir l'occasion d'en donner la preuve, Votre Révérence nous fera le plus grand plaisir en nous faisant connaître à quels emplois on voudrait appliquer les nôtres.

(1) SJ. — Registres manuscrits des lettres des généraux aux pères de la province de France.

» Nous l'en supplions cependant d'y réfléchir, s'il s'agissait de les faire entrer en Chine, ce serait là une entreprise des plus périlleuses, pleine de hasards. Les nôtres sont peu nombreux en Chine. On s'exposerait à les faire chasser avec les nouveaux venus. Nous nous créerons des ennemis, si nous ne nous soumettons pas à ceux qui peuvent déchaîner des tempêtes (1). C'est l'avis des hommes les plus graves. Nous devons tenir compte des Portugais, qui ont toujours eu la charge de cette mission. Il faut éviter qu'ils puissent nous reprocher de les en avoir pour ainsi dire chassés.

» Votre Révérence prendra tout cela en considération. Avec sa prudence ordinaire, elle nous avisera des moyens les plus propres à prévenir les désirs du roi, écarter les obstacles à leur réalisation, nous permettre enfin, si c'était nécessaire, de faire un choix d'hommes connus de nous par leur énergie et leur maturité. Je me recommande, etc. »

C'était une lettre clairvoyante. Mais après avoir ordonné à La Chaize la prudence, la discrétion, les égards pour le Portugal, de Noyelle eut confiance dans le confesseur de Louis XIV et accorda les autorisations nécessaires.

Sur ces entrefaites, Couplet était rentré en Europe. Il avait toujours beaucoup aimé le Portugal ; mais, fortement endoctriné par Verbiest à son départ de la Chine, convaincu d'ailleurs lui-même, par l'évidence des faits, que la cour de Lisbonne n'était plus capable de subvenir à elle seule aux besoins des missions, il se rendit à Rome et à Paris, bien décidé à presser le départ des pères français le plus possible.

Verbiest et Couplet désiraient cependant ménager

(1) Les Portugais. Louis XIV voulait que la mission française eût ses propres supérieurs soumis directement au général et indépendants des supérieurs portugais, exigence qui donna lieu plus tard à de sérieuses difficultés.

les susceptibilités de leur ancienne bienfaitrice; car leur affection pour elle n'était diminuée en rien. Seule la nécessité les obligeait à recourir ailleurs. Pour réussir, ils espérèrent qu'il suffirait de donner la plus large publicité à une vieille lettre de Verbiest, pleine de remerciements et de témoignages de gratitude, écrite de Péking, au roi Alphonse VI, le 7 septembre 1678. Imprimée en 1686, chez Cnobbaert, à Anvers par les soins du bollandiste Daniel Papebrochius, cette petite brochure fut distribuée partout en Europe (1). C'était naïf. Peu importaient à la cour de Lisbonne les sentiments intimes de Couplet et de Verbiest. Derrière les pères français elle voyait, non sans raison, croître le prestige de la France et diminuer sa propre influence ; aussi ne cachait-elle pas son humeur. Couplet l'apprit à ses dépens plus tard (2).

Les pères français désignés pour la Chine étaient six : de Fontaney, supérieur ; Tachard, Bouvet, Le Comte, Gerbillon et de Visdelou. Tachard ne dépassa pas le Siam, puis revint en Europe. Les six pères portaient tous le titre de « mathématiciens du roi de France ». Le 3 mars 1685, ils s'embarquaient à Brest, passaient le 13 aux Canaries et le 31 mai arrivaient au Cap. Le 18 août ils étaient à Batavia et le 23 septembre au Siam, où ils restèrent près de deux ans. Enfin ils abordèrent à Nimpo, en Chine, le 23 juillet 1687 (3).

(1) Un exemplaire à l'Université de Louvain, dans un recueil factice coté Jans. 176. *Epistola R. P. Fernandi Verbiest Flandro-Belgae Soc. Jesu, ad Serenissimum Lusitaniae Regem Alphonsum VI.*

La lettre est imprimée en 2 colonnes sans lieu ni date, ni nom d'imprimeur (4 pp. in-4°).

La correspondance inédite de Couplet avec Daniel Papebrochius renferme de nombreux et intéressants renseignements sur le but poursuivi par Couplet en publiant cette lettre. — BB. Correspondance manuscrite des Bollandistes.

(2) SJ. — Couplet à Thyrse Gonzalès. Madrid, 23 novembre 1690. Autographe.

(3) Sur ce voyage, voir : Tachard, *Voyage de Siam ;* Le Comte, *Nouveaux Mémoires,* t. I. Lettre I, Voyage de Siam jusqu'à Péking ; Lettre du P. de

A peine débarqués, ils envoyèrent à Verbiest une lettre de recommandation, que leur avait remise au départ le P. La Chaize (1) et dont ils s'exagéraient l'importance aux yeux des Chinois. Cet excès de confiance leur fit commettre des maladresses qui faillirent compromettre le succès de leur voyage.

Ferdinand Verbiest, à François d'Aix de la Chaize (2).

« De Péking, le 1er octobre 1687.

» Révérend Père dans le Christ.

» J'ai récemment reçu des lettres de Votre Révérence datées de Paris, le 26 février 1685, où elle me recommande, au nom du roi très chrétien, le P. Fontenè (3) et ses compagnons qui partent pour la Chine. Sans compter tant d'autres motifs d'aider les dits pères, il me suffisait de connaître le désir de ce grand roi, qui a tant mérité de l'Église catholique et protège en père notre Compagnie, pour le faire de toutes mes forces et de toute ma sollicitude !

» Le 24 juillet de cette année, ces cinq pères abordèrent sains et saufs à Nimpo, port de la province de Chekiam. Comme ils se dirent mes frères, ils furent bien reçus par les mandarins ; on les hébergea en ville, tandis qu'on allait informer le vice-roi.

» Aussitôt que le P. Prosper Intorcetta, vice-provincial, qui habite Han-cheu, capitale de cette province connut leur arrivée, il leur envoya un chrétien prudent,

Fontaney, au P. La Chaize, de Tchéou Chan, 15 février 1703. (*Lettres édifiantes*, 7e recueil. Paris, Leclerc 1707).

(1) Reproduite dans Tachard : *Voyage de Siam*, t. I. Paris, 1686, pp. 18-23.

(2) SJ. — Copie de l'époque.

(3) Je conserve l'orthographe de Verbiest. Il s'agit du P. Jean de Fontaney, né en Bretagne, dans le diocèse de Léon, le 17 février 1643 et entré dans la Compagnie, le 11 octobre 1658. Il revint en Europe en 1699, retourna en Chine en 1701, en repartit en 1703 et mourut à La Flèche, le 16 janvier 1710.

candidat de notre Compagnie, avec quelques domestiques pour les visiter en son nom et les aider tant de ses conseils que de toutes ses ressources ; mais le pére ne réussit pas à s'aboucher avec le vice-roi, qui nous est peu favorable.

» Quand le vice-roi fut informé, il envoya à la Cour au tribunal des rites, pour être transmis à l'empereur, un mémoire qui arriva ici le 13 septembre. Il y dénonçait l'arrivée de cinq européens ne faisant aucun commerce, n'ayant avec eux que des livres mathématiques, des livres religieux et des appareils de physique ; ces hommes désiraient rester en Chine, si on le leur permettait. Le vice-roi ajoutait ensuite : *Pour empêcher dorénavant de pareils débarquements d'européens, un décret de Votre Majesté devrait défendre rigoureusement que quelqu'un présume de les conduire en Chine.*

» Ce rapport fut envoyé le 14 en Tartarie, où l'empereur se trouvait alors. Informé de tout le 15, je vis le grand danger que couraient les pères. En l'absence de l'empereur, j'écrivis une lettre à Chau Lao Ye, personnage de la cour, notre ami, pour le prier de dire à l'empereur que ces hommes étaient nos frères, venus d'Europe avec des instruments et des livres de mathématiques excellents, etc.

» Le 23 septembre, le rapport revint suivant l'usage au tribunal des rites, avec l'ordre de l'empereur, traditionnel dans cette curie : *Le tribunal délibérera sur le sujet.*

» La sentence fut prononcée le 25. Elle ordonnait de bannir les cinq européens et demandait un édit prohibant tout autre débarquement analogue fait avec l'intention de rester en Chine.

» On ne pouvait rien espérer de mieux de ce tribunal, qui nous est très hostile, à nous et à la loi chrétienne qu'il avait jadis condamnée. Nous craignions même pis : un décret d'enquête sur tous les européens et sur les églises, pour rechercher si, depuis le temps

de la persécution, il n'était pas entré (en Chine) de nouveaux européens et si, malgré les défenses, on n'avait pas bâti de nouvelles églises. C'eût été un grand danger pour la mission.

» Le 26, la dite sentence fut envoyée en Tartarie, à l'empereur. Tout dépend de sa bienveillance. Il ne suivra pas, je l'espère, l'usage traditionnel, qui est de prononcer le jugement le troisième jour à compter à partir de celui où le mémoire lui est présenté pour la deuxième fois ; mais, par une faveur extraordinaire, il remettra l'arrêt jusqu'à son retour à Péking. S'il en est ainsi, la situation se sera beaucoup améliorée, car je n'omettrai aucune diligence pour mener l'affaire à bon terme.

» Dans le but de s'épargner des désagréments de ce genre et de ne pas créer de grands dangers pour la mission, il faut à l'avenir éviter à tout prix, que l'entrée des nôtres serve de prétexte à l'envoi de rapports au tribunal des rites. Si grande est ici l'autorité des tribunaux suprêmes, que l'empereur fait très rarement à quelqu'un la faveur de s'écarter de leur avis, et c'est chaque fois fort à contre-cœur. Le tribunal des rites, l'un des plus élevés, est toujours prêt à détruire la loi chrétienne.

» J'envoie cette lettre sans attendre le retour de l'empereur, ni l'issue de toute l'affaire, car la date de l'appareillage des navires ne me permet pas de tarder davantage sans risquer de manquer leur départ. Je vous écrirai exactement plus tard ce qui arrivera.

» En attendant, aussi bien au nom de toute la mission, qu'en mon nom personnel, Votre Révérence aura l'obligeance de remercier vivement le roi très chrétien, pour son grand zèle de la gloire divine. Après l'avoir décidé à extirper complètement l'hérésie de son royaume, ce zèle le pousse à faire sentir les effets d'une piété vraiment royale jusqu'aux bornes de cet extrême

orient, en y faisant d'abondantes largesses, dignes de Sa Majesté. Nous reconnaissons ces bienfaits, et nous prions Dieu de conserver sauve Sa Majesté, pour la destruction totale des ennemis de la foi !

» J'ai apostillé ma lettre du mot *Soli*, car, pour de fortes raisons, il importe tout à fait de la tenir secrète. Je prie vivement Votre Révérence de dire au roi seul, sous le sceau du secret, que j'ai prêté aide et secours aux cinq pères, autant que je le pouvais.

» Je me sers d'une main étrangère pour écrire cette lettre, car je suis mal remis d'une indisposition qui m'a tenu pendant plus de trois mois.

» Toutes mes salutations au P. Verjus (1). Je le remercie de nouveau vivement pour l'organisation de la fondation de Munster (2). Sous le même grand secret, Votre Révérence peut lui montrer cette lettre, comme toutes les autres que je marquerai du mot *Soli ;* Votre Révérence et lui, à mes yeux, ne font qu'un.

» Quand l'ambassadeur de Hollande est parti d'ici l'an dernier, je lui ai donné des livres chinois et des lettres, pour les envoyer, par la voie de la Hollande, à Votre Révérence et au P. Verjus. Je la prie de ne pas les publier.

» De Votre Révérence
» le très humble serviteur dans le Christ,
» Ferdinand Verbiest. »

On conçoit ce pressant appel à la discrétion !

En favorisant l'entrée des pères français en Chine, Verbiest, nonobstant ses précautions, avait profondément irrité son cher Portugal.

(1) Antoine Verjus né le 23 janvier 1632, à Paris ou à Joigny, entré dans la Compagnie le 30 septembre 1651, mort à Paris, le 16 mai 1706. Il était procureur des missions du Levant et chargé, comme tel, de veiller à Paris, sur leurs intérêts matériels.

(2) Il s'agit de la fondation de Ferdinand de Fuerstenberg, évêque de Paderborn et Munster, dont il a été question ci-dessus.

Chose plus surprenante, il avait même, plus que de raison, blessé plusieurs pères portugais, notamment Thomas Pereira, et ne se faisait à ce sujet aucune illusion. Mais il avait l'âme trop haute pour beaucoup s'en émouvoir. Seul l'intérêt de la mission le guidait dans sa conduite envers les étrangers. Portugais, Français, Russes même, peu lui importait la nationalité. Rien ne le montre mieux qu'une lettre au P. de Noyelle. Verbiest commence par y donner au général quelques nouvelles, sur l'arrivée des pères français en Chine. Nous les connaissons déjà, par la lettre au P. La Chaize.

« De Péking, le 1er octobre 1687 (1).

» Mon Très Révérend Père en Jésus-Christ.
» La paix de Notre Seigneur !
» Pour vous seul.
» J'écris ici, à part, pour Votre Révérende Paternité deux très grands secrets.
» 1° Cinq pères français de Notre Compagnie envoyés par le roi, viennent de débarquer à Nimpo port de la province de Chekiam, le 24 juillet de cette année. A leur arrivée, ils se dirent aux mandarins mes frères, m'apportant des livres, des instruments (de physique), etc. Le préposé aux impôts les reçut donc fort bien et les logea en ville, en attendant qu'on informât le vice-roi. Celui-ci crut devoir envoyer un rapport à l'empe-

(1) SJ. — Deux exemplaires de la main d'Antoine Thomas, à l'exception des derniers mots : « Servus et filius in Christo » et de la signature qui sont autographes.

La lettre est écrite au général *Soli*, séparée au vœu de la règle de celle qui pouvait être communiquée aux assistants. Cette dernière est du lendemain 2 octobre. Consacrée tout entière à venger le P. Antoine Thomas contre les attaques des pères portugais, qui lui faisaient un crime d'avoir favorisé l'entrée des pères français en Chine, la lettre est d'un bout à l'autre autographe.

La querelle des pères français et portugais, à laquelle Verbiest eut le bonheur de ne pas assister, prit, on le sait, quelques années plus tard, un caractère aigu, à tout point de vue regrettable.

reur, dans lequel il lui annonçait l'arrivée à Nimpo de cinq européens, venus sans but commercial, mais munis d'appareils (de physique), etc., et sollicitant l'autorisation de se fixer en Chine.

» Pour empêcher dorénavant de pareils débarquements d'européens en Chine, ajoutait-il, Votre Majesté devrait rigoureusement défendre, par décret, de présumer l'autorisation de les faire venir.

» Arrivé ici le 13 septembre, ce rapport fut envoyé le lendemain en Tartarie, où l'empereur était à la chasse. Dès que j'en fus informé je compris le danger de laisser déférer le rapport au tribunal des rites, auquel il revenait de droit. J'écrivis donc à Chau Lao Ye, un de mes amis de la cour, de bien vouloir faire connaître à l'empereur que ces pères étaient nos frères. Cette démarche déplut au P. Thomas Pereira, portugais, l'un de nos compagnons d'ici, très enclin à voir en toute chose un préjudice pour le Portugal.

» Dans cette affaire scabreuse, ce parti nous a semblé le meilleur à prendre. Il importait d'agir en douceur, le plus grand bien de la mission exigeant de tâcher de ne froisser aucun des deux rois (1).

» Le rapport fut déféré au tribunal des rites, qui prononça un décret d'expulsion contre les pères, avec ordre de s'opposer désormais à de pareils débarquements. L'empereur réformera, je crois, ce jugement.

» 2° La voie de la Moscovie vers la Chine semble s'être beaucoup aplanie. Les Moscovites possèdent des villes et des citadelles nombreuses. Les populations leur sont, les unes parfaitement soumises, les autres très favorables et dévouées à leurs intérêts.

» Je vous envoie, grossièrement dessinée, une carte de cette route, depuis le fleuve Cobi jusqu'ici. Elle m'a été donnée par les Russes. De Moscou à ce fleuve

(1) De France et de Portugal.

la route est depuis longtemps connue et très fréquentée. C'est une voie, à peu près tout le temps, fluviale. La Compagnie, ai-je appris, a maintenant une résidence à Moscou. Après la conclusion de la paix, à laquelle les Russes travaillent activement, et quand ils auront obtenu l'autorisation de faire le commerce (avec la Chine), les lettres de Rome nous arriveront fort vite, en tout temps, par cette voie.

» Il y a mieux. Nos missionnaires pourront se répandre en Tartarie, voire même venir au secours de la Chine ; cette route sera de toutes la plus sûre et la plus facile, pour les Polonais, les Allemands, les Belges, etc. Du fleuve Cobi jusqu'à Péking, ou de Tobol, capitale de la Sibérie, l'ambassadeur (de Russie) comptait 600 lieues allemandes. Avec bagages, marchandises, etc., il avait fait, disait-il, la route en quatre mois. Quand le commerce sera ouvert, cette voie sera très fréquentée et les courriers, semble-t-il, n'y feront pas défaut.

» Je me recommande aux Saints Sacrifices de Votre Révérende Paternité.

» Votre serviteur et fils dans le Christ.

» Ferdinand Verbiest (1). »

Cette lettre est le chant du cygne ! La dernière que nous possédions du grand missionnaire (2) !

Elle exprime au général un double espoir, ultime secret de son cœur : voir entrer les pères français en Chine, sans froisser le Portugal ; raccourcir les communications toujours si longues, si aléatoires, entre

(1) Adresse :
R^do admodum in Christo Patri
P. Carolo de Noyelle
Societatis Jesu Praeposito
Generali
Romam.

(2) Comme je l'ai dit ci-dessus, la lettre du 2 octobre n'en forme, à proprement parler, qu'une avec celle-ci.

Rome et la Chine, en leur ouvrant la voie de la Russie! De l'avis unanime, l'impossibilité de connaître à temps les intentions des papes, les ordres des généraux, était la cause principale, peut-être unique, de toutes les difficultés intérieures de la mission ! Combien de fois Verbiest, lui-même, n'en avait-il pas souffert !

Ni l'un, ni l'autre de ces vœux ne devait se réaliser.

La correspondance inédite des pères de Canton et de Macao avec ceux de Rome montre, hélas ! à quel point les supérieurs portugais étaient effrayés, pour ne pas dire courroucés (1). Ils intimèrent aux pères français l'ordre de quitter immédiatement la Chine. C'était inexécutable. Il fallait l'autorisation de l'empereur. Kang Hi refusa net.

Verbiest, alors encore recteur de Péking, fut cassé aux gages par le visiteur de la Chine et remplacé par le P. Thomas Pereira ; celui-là même qui était « très enclin à voir en tout un préjudice pour le Portugal ». Dans les circonstances et de la manière dont elle était prise, la mesure était une disgrâce ; mais le chagrin en fut épargné à celui qui en était l'objet. La mort le surprit avant qu'il en eût connaissance. Depuis longtemps la santé du vénérable missionnaire déclinait. Une chute de cheval, qu'il fit le 13 février 1687, lui causa un ébranlement dont il mit plusieurs mois à se remettre. A la grande joie de tous les pères de la mission, il paraissait à peu près guéri, quand les chaleurs de l'été survinrent et lui causèrent des indispositions de divers genres. En octobre une tumeur se déclara à la jambe, accompagnée d'un dérangement complet d'estomac. Depuis lors Verbiest ne fit plus que languir. Le 26 janvier 1688, il recevait le saint viatique dans les sentiments de la foi

(1) SJ. — Lettres inédites ; par ex. : Simon Martins, à Charles de Noyelle. Macao, 11 décembre 1687, autographe ; François Xavier Philipucci, à Thyrse Gonzales, Canton 19 novembre 1688 (copie de l'époque) ; etc.

et de la piété la plus vive ; le 28 il remettait son âme entre les mains de son Créateur.

Kang Hi fit faire à son président du tribunal des mathématiques des funérailles princières, presque royales (1). Les cendres de notre immortel compatriote reposent encore aujourd'hui à Péking à côté de celles de Mathieu Ricci.

La lettre du 1er octobre 1687, ne trouva plus à Rome Charles de Noyelle (2). Son successeur Thyrse Gonzales prit en sérieuse considération l'idée de tâcher de pénétrer en Chine par la Russie et la Sibérie. Il s'adressa au P. Georges David (3), alors en résidence à Moscou, le priant d'étudier le projet de Verbiest et de voir jusqu'à quel point, il le croyait réalisable. La réponse fut peu encourageante.

(1) Le récit des obsèques de Verbiest a été souvent fait, notamment dans la *Notice* de l'abbé Carton, pp. 56-63. Pour abréger, je l'omets, en me contentant de donner la liste des principaux documents laissés par les témoins oculaires.

1° Antoine Thomas : *Elogium Reverendi Patris Ferdinandi Verbiest Societatis Jesu, Rectoris Collegii Pekinensis et Praefecti tribunalis mathematici in eadem aula*, festinato compendio scriptum a Patre Antonio Thomas ejusdem Tribunalis Praefecto Vicario. Sans lieu, ni date, ni nom d'imprimeur. — Un exemplaire SJ.

Cette petite plaquette fort rare n'est pas signalée dans la *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus* de Sommervogel. Le texte original latin n'a jamais été réédité, mais on en a publié des traductions en diverses langues, notamment en allemand, dans la *Neue Welt Bott* de Stöcklein, t. 2, Augsbourg et Gratz, 1728, pp. 8-13.

J'ai édité moi-même un second récit des funérailles de Verbiest, par Thomas : *Lettre datée de Péking le 8 septembre 1688*. ARCHIV FÜR DIE GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFTEN UND DER TECHNIK, t. I, Leipzig, Vogel, 1909, pp. 36-42.

2° Le Comte. *Nouveaux mémoires sur l'état présent de la Chine*. Lettre 2.

3° De Fontaney, Lettre au P. de La Chaize, datée de Tchéou Chan, le 15 fév. 1703. *Lettres édifiantes*, citées ci-dessus.

Voir en outre Du Halde, *Description de la Chine*, Ed. de Paris, 1785, t. 3, pp. 98-100 ; t. 4, pp. 152-153.

(2) Mort à Rome, le 12 décembre 1686.

(3) Georges David, de la province de Bohême, naquit le 26 juillet 1648, et mourut à Prague, en soignant les pestiférés, le 10 décembre 1713.

Pour plus de détails, voir P. Pierling, *La Russie et le Saint Siège*, t. 4, Paris, Plon, 1907, aux endroits indiqués dans l'« Index alphabétique des noms de personnes ».

« De Moscou, le 30 mars 1689 (1).

» Hier, j'ai reçu la visite de M. Nicolas Horace Gareus, qui est ici interprète officiel, et a été envoyé en mission près de beaucoup de princes d'Europe et d'Asie. C'est un homme qui connaît parfaitement tous les pays et les provinces, tant d'Asie que d'Europe. Il a vécu dans l'intimité du P. Verbiest, dont il reçoit encore parfois des lettres. Dans mon entrevue d'hier je lui ai posé les questions suivantes :

» 1°. Monsieur reçoit-il des lettres du P. Verbiest et lui écrit-il ?

» 2°. A-t-il un moyen assuré, pour lui faire parvenir des lettres ?

» 3°. Combien de fois les Moscovites vont-ils en Chine?

» 4°. La guerre entre Russes et Chinois continue-t-elle? Pour quelles raisons ?

» 5°. Les nôtres peuvent-ils espérer obtenir un libre passage par la Sibérie ?

» Il m'a répondu à chacune des questions, comme suit :

» *A la 1re question.* Il a connu très intimement en Chine le P. Verbiest, il y a cinq ans, quand il remplissait le poste d'envoyé (ablegatus) à la cour de Péking. Il a reçu du père, par la voie de Hollande, quelques lettres auxquelles il n'a pas répondu, de peur d'éveiller les défiances des Moscovites, toujours très soupçonneux et prêts à croire à la trahison de leurs nationaux quand ils écrivent à l'étranger. Il y a deux ans, il avait cependant fait saluer de vive voix le P. Verbiest par deux courriers partis d'ici, qui sont déjà rentrés.

» *A la 2e question.* Il lui est difficile de faire parvenir des lettres à destination. Les Moscovites sont très défiants, examinent tout, se mettent en garde contre tout,

(1) SJ. — Autographe.

principalement aujourd'hui en temps de guerre. Il part néanmoins de nombreux courriers pour la Sibérie jusqu'aux frontières de la Chine, parfois pour la Chine même. Il cherchera s'il ne se présente pas quelque occasion, pour charger ces courriers de nos lettres et m'en informera.

» *A la 3e question.* Les Moscovites partent souvent d'ici pour la frontière chinoise. Rarement, ils entrent en Chine même, à cause de la guerre actuelle entre les deux pays. Jamais il n'est permis de s'adjoindre à eux, sans une autorisation expresse.

» *A la 4e question.* La guerre avec la Chine se poursuit mollement ; ce sont plutôt des reconnaissances et des escarmouches au sujet de délimitations de frontières. En voici la cause : Il y a quelques années un Chinois s'enfuit à Albazin, forteresse moscovite. L'empereur l'apprit et s'informa comment les Moscovites étaient devenus si voisins de la Chine. Quand il fut bien renseigné il envoya des troupes prendre et raser Albazin ; ce qui fut fait. Les Moscovites revinrent, reprirent la place, reconstruisirent une nouvelle forteresse et la tiennent encore. Albazin, situé à quinze jours de marche de la muraille chinoise, est la ville et le poste militaire oriental extrême des Moscovites. L'empereur réclamait en outre l'extradition du fugitif, qui lui fut refusée. On se querella avec les Moscovites à propos des frontières : comment s'étaient-ils tant avancés ? Ils alléguèrent le droit du premier occupant ; n'ayant pris que des vrais déserts tout à fait inhabités. Tous ces objets sont encore en discussion. Ce monsieur croit la paix prochaine. Elle serait déjà conclue si les Moscovites étaient aussi civilisés que les Chinois, dont il fait le plus grand éloge.

» *A la 5e question.* Il répondit que le moyen le plus certain d'obtenir des laissez-passer pour les nôtres était de s'adresser à l'illustrissime empereur (d'Allemagne),

qui est très influent chez les Ruthènes, et dans les meilleurs termes avec eux. Cependant jusqu'à la conclusion de la paix avec la Chine, les Ruthènes objecteront toujours que c'est difficile. D'autre part les marchands affirment que cette guerre ne retarde pas les voyageurs.

» Je montrai ensuite à ce monsieur toutes mes cartes de géographie, pour qu'il m'expliquât l'itinéraire de son voyage en Chine. Il le fit, mais en me signalant sur les cartes de nombreuses erreurs. Il me promit une carte faite par lui ; quand je l'aurai reçue je la copierai et je l'enverrai à Votre Révérence par la prochaine poste, avec un nouvel itinéraire vers la Chine. Je chercherai en outre à avoir prochainement un entretien avec le chef des marchands sibériens, qui est maintenant de passage à Moscou. On le dit honnête homme. Je tâcherai d'en obtenir les renseignements désirés par Votre Révérence.

» Je veux vous informer encore de ceci. Je suis en correspondance avec un colonel catholique en expédition, pour le moment, en Sibérie, mais dont les enfants et la femme habitent ici. Tous les six mois j'en reçois des lettres ; les dernières étaient de Zoynski, bourgade voisine du désert de Daur. A cette occasion j'essayerai si mes lettres ne pourraient pas entrer par là en Chine, mais cette voie ne saurait être durable. Enfin, je ne laisserai échapper aucune occasion d'entrer dans les vues de Votre Révérence ; mais il me faut agir avec la plus grande prudence et comme si je faisais autre chose. Nous pouvons à peine bouger sans éveiller les soupçons, moins cependant chez les Moscovites que chez les hétérodoxes, qui nous sont très hostiles, nous surveillent de toutes manières, pour nous déservir chez les sérénissimes (grands ducs). Dieu, dont nous cherchons la gloire, opérera pour lui et pour nous et saura tirer le bien de l'épreuve.

» Sur ce, je me recommande très humblement
» à Votre très Révérende paternité.
» Son serviteur et fils dans le Christ

» Georges David (1). »

XII

Me voici au bout de ma tâche !

Mieux qu'au début, je puis dire au lecteur pourquoi j'ai hésité à l'entreprendre ; pourquoi, aussi je m'y suis enfin décidé et ce que j'ai voulu au juste.

Il est impossible d'écrire déjà une vraie vie de Verbiest. Pour être complet, il faudrait être un spécialiste dans des branches par trop diverses.

Verbiest a beaucoup publié, mais presque toujours en chinois. La Bibliothèque Nationale de Paris possède ses principaux ouvrages (2). Jamais sinologue n'en a donné ni la traduction, ni même l'analyse. C'est le desideratum le plus urgent, mais non pas le seul (3).

L'histoire de la conquête de la Chine par les mant-

(1) Adresse :

Admodum R^do P^i in Christo Patri
Thryrso Gonzalez Societatis Jesu
Praeposito Generali
Romae.

(2) Voir le *Catalogue des Livres Chinois*, etc., par Maurice Courant, cité ci-dessus (passim).

La *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus* est très défectueuse, à l'article Verbiest. Les ouvrages sont beaucoup mieux décrits dans la *Bibliotheca Sinica, Bibliographie des ouvrages relatifs à l'Empire Chinois,* par Henri Cordier. Paris, Leroux, 1878 et suiv. En réalité la bibliographie de l'œuvre de Verbiest est encore à faire. Elle est difficile et fort embrouillée, comme je l'ai déjà dit ci-dessus, à cause du grand nombre d'extraits de ses ouvrages principaux que Verbiest a publiés sous forme de brochures séparées.

(3) Il serait très intéressant, par exemple, d'avoir la traduction d'une vie manuscrite de Verbiest écrite en chinois par les PP. Thomas Pereira et Antoine Thomas, qui se trouve à Paris à la Bibliothèque Nationale (N. F. chinois 3033). Voir Courant, *Catalogue des livres chinois*, t. I, p. 61, n° 1032.

choux, celle de la grande révolte nationale qui, de 1670 jusque vers 1680, occupa toute l'attention de l'empereur Kang Hi, sont en réalité encore à faire. Comme réorganisateur de l'artillerie, Verbiest y joua un certain rôle, mais comment le préciser ?

Faut-il parler des questions religieuses ?

En 1657, Martini rapportait en Chine le décret de l'Inquisition, approuvé par Alexandre VII, qui apaisa un peu, pendant quelques années, la querelle des rites chinois. Verbiest eut le bonheur de n'être guère mêlé à cette controverse. En revanche, il prit une part active dans le conflit de juridiction qui divisa si profondément les cours de Rome et de Lisbonne à propos des droits de patronage des rois du Portugal. Il avait en outre des idées personnelles sur le recrutement du clergé indigène, sur les cérémonies de la confirmation et les précautions à prendre en administrant ce sacrement aux femmes, sur bien d'autres questions encore. Comment les exposer, sans publier d'abord sa *Correspondance ?*

Dernière difficulté. Les œuvres de Verbiest font presque complètement défaut dans les dépôts belges. Aucune de nos grandes bibliothèques ne semble avoir eu à cœur de se les procurer. Elles ne possèdent, ni l'*Astronomie perpétuelle de l'empereur Kang Hi*, ni le *Traité des instruments astronomiques et mécaniques*, ni la *Grande Mappemonde* (1), ni le *Traité de la fonte des canons*. Peut-être ce dernier ouvrage est-il perdu,

(1) Elle a donné lieu à deux travaux importants :

TS. Bayer. De Ferdinandi Verbiestii S. J. scriptis, praecipue vero de ejus globo terrestri Sinico. . MISCELLANEA BEROLINENSIA, t. 6, Berlin 1740, pp. 180-192.

Lorentzen. Die chinesische Weltkarte Ferdinand Verbiest, von 1674. GLOBUS, t. 87. Brunswick, 1905, pp. 157-159.

Le catalogue de la Bibliothèque de l'Université de Gand attribue à Verbiest, une petite mappemonde imprimée en Chine, qui a figuré en 1910 à l'Exposition d'Art Ancien, de Bruxelles. Sauf meilleure information, c'est je crois, une erreur.

mais les trois autres existent à l'étranger. Je ne sais pas le chinois et ne les ai jamais eus en mains. Si je me suis cru néanmoins suffisamment documenté pour parler des travaux astronomiques de l'auteur, je n'ai pas osé aborder, même en passant, l'examen de ses cartes géographiques.

Pour être racontée, l'histoire de Verbiest demande donc des travaux préparatoires écrits par des spécialistes. Mon but serait atteint si ma notice pouvait les faire éclore.

Verbiest est une de nos gloires nationales et les mérite. Lors de sa visite aux pères jésuites de Kisantu (Congo Belge), le roi Albert n'a pas craint de le nommer : « le plus grand missionnaire de la Chine au XVIIe siècle » (1). Il serait temps de le faire mieux connaître à la Belgique (2) !

H. Bosmans, S. J.

(1) Voir *Discours de S. A. R. Monseigneur le Prince Albert de Belgique, à Kisantu.* Missions Belges de la Compagnie de Jésus, 1909, pp. 397-398.

(2) Je ne puis terminer cet article sans adresser mes plus vifs remerciements aux PP. L. Schmitt et Tacchi-Venturi, pour l'obligeance avec laquelle ils m'ont fait photographier un grand nombre des documents d'archives mis en œuvre dans mon travail.

APPENDICES (1)

I

L'éclipse du Soleil, du 29 avril de l'an du Christ 1669, au méridien de Péking et grandeur de l'éclipse dans chacune des provinces de l'empire, par Ferdinand Verbiest de la Compagnie de Jésus, directeur de l'astronomie à la Cour de Péking.

A la Cour de la province de Péking, le Soleil s'obscurcit de 5 doigts 38 parties. (Notez que le Soleil se divise ici en 10 doigts) (2). Commencement de l'éclipse à 1 heure 1 quart, vers le Sud-Ouest. Milieu de l'éclipse à 2 heures 2 quarts. Fin de l'éclipse à 3 heures 3 quarts, vers le Sud-Est. Durée de l'éclipse 10 quarts.

A Fung Tien, capitale de la province de Leao Ton. A 1 heure, 3 quarts, 10 parties, le soleil s'obscurcit de 6 doigts, 4 parties.

A Kiang Naing (ou Nanking), capitale de la province de Kiang Nan (ou Nanking). A 12 heures, 3 quarts, 4 parties, le soleil s'obscurcit de 8 doigts, 3 parties.

A Hang Cheu, capitale de la province de Che Kiang. A 1 heure, 1 quart, 6 parties, le soleil s'obscurcit de 9 doigts, 32 parties.

A Nan Chang, capitale de la province de Kiang Si. A 12 heures, 2 quarts, 6 parties, le soleil s'obscurcit de 9 doigts, 53 parties.

A Fo Cheu, capitale de la province de Fo Kien. A 1 heure, 1 quart, le soleil s'obscurcit de 9 doigts, 95 parties.

A Yu Chang, capitale de la province du Hu Quang. A 2 heures 3 quarts, le soleil s'obscurcit de 8 doigts et 81 parties.

A Ci Nan, capitale de la province de Xan Tung. A 1 heure, 1 quart, 12 parties, le soleil s'obscurcit de 7 doigts et 17 parties.

A Tay Yuen, capitale de la province de Xan Si. A 1 heure, 2 quarts, 8 parties, le soleil s'obscurcit de 6 doigts, 7 parties.

(1) Nous donnons ici la traduction de deux pièces annoncée au § 4 de cette étude, dans les notes ajoutées au post-scriptum de la lettre écrite par Verbiest à Rougemont le 20 août 1670.

Depuis l'impression de la première partie de mon article, le P. Vivier a eu l'obligeance de me signaler un deuxième exemplaire de la traduction latine de ces deux éclipses appartenant à la bibliothèque du collège de la Compagnie de Jésus à Cantorbery (Fonds de l'École Ste Geneviève. Chine 9 Lettres diverses 2). Il semble que ce soit la pièce originale et que l'exemplaire de l'Observatoire de Paris n'en soit qu'une copie.

(2) Le doigt lui-même se subdivise en 100 parties.

Quant au temps, Verbiest adopte l'heure européenne ; le quart y est subdivisé en 15 minutes.

A Cai Fung, capitale de la province de Ho Nan. A 12 heures, 3 quarts, 9 parties, le soleil s'obscurcit de 7 doigts, 85 parties.

A Si Ngan, capitale de la province de Xen Si. A 12 heures, 1 quart, 12 parties, le soleil s'obscurcit de 7 doigts, 2 parties.

A Quan Cheu, capitale de la province de Quan Tung. A 12 heures 1 quart précise le soleil s'obscurcit de 10 doigts, 18 parties.

A Quei Lin, capitale de la province de Quang Si. A 12 heures, 1 quart, le soleil s'obscurcit de 9 doigts, 57 parties.

A Quei Yang, capitale de la province de Quei Cheu. A 11 heures, 1 quart, 8 parties, le soleil s'obscurcit de 8 doigts, 75 parties.

A Ching Tu, capitale de la province du Su Chuen. A 11 heures, 1 quart, 13 parties, le soleil s'obscurcit de 8 doigts, 72 parties.

A Yun Nan, capitale de la province de Yun Nan. A 10 heures, 3 quarts, 14 parties, le soleil s'obscurcit de 8 doigts, 88 parties.

Dans la péninsule de Corée. A 4 heures, 1 quart, 7 parties, le soleil s'obscurcit de 7 doigts, 8 parties.

II

L'éclipse de Lune, du 25 mars de l'an du Christ 1671, et pour chaque province nombre de doigts de la lune obscurcis à l'horizon, au moment où la lune se lève dans chacune d'elles, par Ferdinand Verbiest de la Compagnie de Jésus, directeur de l'astronomie à la Cour de Péking.

Éclipse de Lune à Péking (ou à la Cour du roi) : 16 doigts, 57 parties. (Notez que le diamètre de la lune est divisé ici en 10 doigts.) Au lever, la lune a 8 doigts et 39 parties obscurcis. Commencement de l'éclipse, 5 heures 1 quart précises. Commencement de la totalité, 6 heures 1 quart précises. Milieu de l'éclipse 7 heures, 1 quart. Commencement de la réapparition de la lumière, 8 heures 1,5 quart. Fin totale de l'éclipse, 9 heures 1,5 quart. Durée de l'éclipse, 16 quarts entiers.

A Fung Tien, capitale de la province de Leao Ton (qui est entre la Corée et Péking). Obscurcissement de la lune au lever, 3 doigts. Commencement de l'éclipse, 5 heures 2,5 quarts précises.

A Hang Cheu, capitale de la province de Che Kiang. Obscurcissement de la lune au lever, 6 doigts, 40 parties. Commencement de l'éclipse, 5 heures et 1,5 quart.

A Fo-Cheu, capitale de la province de Fo Kien. Obscurcissement de la lune au lever, 6 doigts, 38 parties.

A Kiang Naing (ou Nanking) capitale de la province de Kiang Nan (ou Nanking). Obscurcissement de la lune au lever, 7 doigts, 16 parties. Commencement de l'éclipse, 5 heures, 1 quart précises.

A Ci Nan, capitale de la province de Xan Tung. Obscurcissement de la lune au lever, 5 doigts, 37 parties. Commencement de l'éclipse, à 5 heures 1 quart.

A Nan Chang, capitale de la province de Kiang Si. Obscurcissement de la lune au lever, 10 doigts. Commencement de l'éclipse, 5 heures, 1 quart.

A Cai Fung, capitale de la province de Ho Nan. Obscurcissement de la lune au lever, 10 doigts, 45 parties. Commencement de l'éclipse 4 heures, 3 1/2 quarts précises.

A Yu Chang, capitale de la province de Hu Quang. Obscurcissement de la lune au lever, 10 doigts, 45 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures 3 1/2 quarts précises.

A Quan Cheu, capitale de la province de Quan Tung. Obscurcissement de la lune au lever, 11 doigts, 16 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures, 3 quarts, 5 parties.

A Tai Yuen, capitale de la province de Xan Si. Obscurcissement de la lune au lever, 11 doigts, 49 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures, 3 quarts, 5 parties.

A Quei Lin, capitale de la province de Quang Si. Obscurcissement de la lune au lever, 13 doigts, 30 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures 2 1/2 quarts.

A Si Ngan, capitale de la province de Xen Si. Obscurcissement de la lune au lever, 13 doigts, 38 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures 2 1/2 quarts.

A Quei Yang, capitale de la province de Quei Cheu. Obscurcissement de la lune au lever, 14 doigts, 18 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures, 2 quarts précises.

A Ching Tu, capitale de la province Su Chuen. Obscurcissement de la lune au lever, 15 doigts, 50 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures, 1 quart précises.

A Yun Nan, capitale de la province de Yun Nan. Obscurcissement de la lune au lever, 16 doigts, 12 parties. Commencement de l'éclipse, 4 heures, 1 quart précises.

Dans la péninsule de Corée. Obscurcissement de la lune au lever, 2 doigts, 34 parties. Commencement de l'éclipse, 5 heures, 3 quarts, 5 parties (1).

(1) *Errata* p 259, lig. 15, au lieu de paire de *cabestans*, il faut lire paire de *moufles*.

La manœuvre de Verbiest est fort simple. A l'ouest du pont est le chariot, à l'est une poutre transversale, dont les extrémités sont reliées au chariot par deux gros câbles.

Six cabestans solidement fixés au sol sont mus chacun par 8 hommes. A chaque cabestan correspond une paire de moufles, à trois poulies par moufle ; une des moufles de la paire est fixée à la poutre, l'autre à proximité du cabestan de même numéro.

Distance du chariot aux cabestans : 840 pieds.

Distance des deux moufles d'une paire de moufles : 170 pieds.

LA
PRÉCESSION DES ÉQUINOXES
SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES (1)
(Suite)

IV

LES PREMIÈRES RECHERCHES DES ARABES SUR LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES. — MASCIALLAH. — AL FERGANI. — LE MOUVEMENT DE L'APOGÉE SOLAIRE.

Les premiers astronomes qui aient écrit en Arabe touchant la précession des équinoxes, et dont les écrits nous soient parvenus, sont des contemporains des célèbres kalifes Al Mansour, qui régna de 754 à 775, et Al Mamoun, qui occupa le trône de Bagdad de 813 à 833. Ce sont le juif Masciallah (2) et l'arabe Al Fargani.

Parmi les nombreux écrits de Masciallah, il en est un que le Moyen Age chrétien a bien connu ; c'est un

(1) Voir la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, t. XXI, 20 janvier 1912, p. 55.

(2) Sur Masciallah, voir : *Vite di matematici arabi tratte da un'opera inedita di* Bernardino Baldi *con note di* M. Steinschneider. 1. *Autori arabi orientali*. 1. *Messala (Bollettino di Bibliografia e di Storia delle Scienze matematiche e fisiche* publicato da B. Boncompagni, t. V, 1872, pp. 429-431).

petit traité de Cosmographie qui a pour titre : *De elementis et orbibus cœlestibus* (1).

En ce traité, Masciallah admet que le ciel se compose de dix orbes superposés (2) : ce sont, d'abord, les sept orbes des astres errants ; puis un orbe privé d'astre que l'auteur nomme l'*orbe des signes ;* ensuite, l'orbe des étoiles fixes ; enfin, un nouveau ciel sans astre, le *grand orbe*.

Tous les cieux qui portent des astres se meuvent d'occident en orient par rapport au grand orbe ; le ciel des étoiles fixes décrit, en cent ans, un degré du grand orbe (3).

Le grand orbe se meut d'orient en occident ; son mouvement est le mouvement diurne ; c'est le neuvième ciel de Macrobe et de Simplicius.

Il est difficile de comprendre ce que Masciallah entend par l'orbe des signes. Ce ciel privé d'étoiles, qui sépare l'orbe de Saturne de l'orbe des étoiles fixes, se meut, dit-il (4), d'orient en occident, comme le grand orbe ; il ajoute que lorsqu'on dit qu'une planète est en tel ou tel signe, c'est à l'orbe des signes que cette indication se rapporte, et non pas au neuvième orbe, au ciel des étoiles fixes ; enfin, il nous apprend que « les auteurs qui représentent les images des astres selon l'Astronomie *Altasamec* » ne voulaient supposer que

(1) *De elementis et orbibus cœlestibus liber antiquus ac eruditus* Messahalæ laudatissimi inter Arabes astrologi. Cui adjectum est scriptum cujusdam Hebræi de Eris seu intervallis regnorum, et de diversis gentium annis ac mensibus. Item iisdem de rebus : scriptum cujusdam Saraceni, continens præterea præcepta ad usum tabularum astronomicarum utilissima. Quæ omnia ad veteris archetypi lectionem diligenter collata, celebri famæ Illustrissimi Principis ac Domini D. Augusti Ducis Saxoniæ etc., et publicorum studiorum utilitati, dicavit Ioachimus Hellerus apud inclytam Germaniæ Noribergam Mathematum Professor. Noribergæ excudebant Ioannes Montanus et Ulricus Neuberus, Anno Domini MDXLIX.

(2) Messahalæ *De elementis et orbibus cœlestibus liber*, Capp. XVIII et XX.

(3) Massahalæ *De elementis et orbibus cœlestibus liber*, Capp. XIX et XXIV.

(4) Messahalæ *De elementis et orbibus cœlestibus liber*, Capp. XVIII et XX.

neuf cieux et réduisaient l'*orbe des signes* à n'être qu'un grand cercle de l'orbe suprême ; il attribue à Ptolémée l'opinion contraire, qu'il fait sienne.

En cet exposé, il est possible de discerner certaines confusions, dont l'origine se trouve en quelques obscurités du langage de Ptolémée. Au VIIe chapitre du premier livre de l'*Almageste*, celui-ci établit qu'il y a dans le ciel deux premiers mouvements différents ; l'un est le mouvement diurne, que l'astronome d'Alexandrie attribue à une sphère qu'il ne distingue pas, en cet endroit, de la sphère des étoiles fixes ; « le second mouvement, qui se compose de plusieurs autres, est embrassé par le premier et embrasse les sphères de toutes les planètes ; il est emporté par le premier, comme nous avons dit, et en même temps il entraîne les planètes, en sens contraire, autour des pôles du cercle oblique. »

Il est clair que ce que Ptolémée entend par ce second mouvement, ce n'est pas une rotation attribuée à un ciel particulier, mais l'ensemble des diverses rotations qui s'effectuent d'occident en orient parallèlement au zodiaque. Il est clair aussi que l'écliptique auquel, en l'*Almageste*, sont rapportés les mouvements des étoiles fixes ou errantes est bien un grand cercle d'une sphère qu'anime le seul mouvement diurne. « Les auteurs qui représentent les images des astres selon l'Astronomie *Altasamec* » ont donc exactement compris l'intention de l'astronome Alexandrin, que Masciallah a travestie d'assez étrange manière.

Cette allusion aux « *auctores qui faciunt imagines secundum Astronomiam Altasamec* », auteurs dont Masciallah fait des prédécesseurs de Ptolémée, n'est pas sans intérêt. Nous retrouverons, en d'autres ouvrages arabes, la mention de ces mêmes auteurs, et nous verrons qu'il les faut sans doute identifier avec

ces « anciens astrologues » auxquels Théon d'Alexandrie attribuait l'hypothèse de l'accès et du recès.

Al Fergani, dans l'abrégé de l'Almageste qu'il a composé et dont la vogue a été si grande au Moyen Age, adopte, en ses grandes lignes, la théorie de la précession proposée par Ptolémée ; mais il la modifie en un point essentiel. Il regarde le mouvement que l'astronome Alexandrin avait attribué aux étoiles fixes comme un mouvement qui entraine les orbes de tous les astres, fixes ou errants ; l'*aux* (1) et l'*opposé de l'aux* des diverses planètes et du Soleil tournent donc d'occident en orient, d'un degré par siècle, autour des pôles de l'écliptique.

Voici comment Al Fergani s'exprime à cet égard (2) :

« Après avoir exposé quelle est la forme des sphères des astres et la composition des orbes de ces mêmes astres, venons à la description des mouvements que l'on trouve en chacune de leurs sphères ; commençons par rapporter quel est le mouvement de la sphère des étoiles fixes, car ce même mouvement est inséparable des mouvements des divers astres errants.

» Disons donc que la sphère des étoiles fixes se meut d'occident en orient, et qu'elle entraîne avec elles les sept sphères des astres errants ; son mouvement se fait autour des pôles du zodiaque, et il est d'un degré en cent ans, selon l'évaluation de Ptolémée. Par suite de ce mouvement, les apogées et les nœuds des excentriques des planètes tournent, en un siècle, selon

(1) Rappelons que l'*aux* est l'apogée de l'excentrique et que l'*opposé de l'aux* en est le périgée ; nous verrons bientôt l'origine du mot *aux*.

(2) Nous citons Al Fergani d'après la traduction abrégée d'Isidorus Hispalensis, que nous avons consultée dans le texte suivant : *Incipit liber de aggregationibus stellarum et principiis celestium motuum quem* Ametus filius Ameti qui dictus est Alfraganus *compilavit, 30 continens capitula.* (Bibliothèque nationale, fonds latin, ms. n° 7298) — Cap. XIII : De narratione motuum Solis, et Lune, et Stellarum fixarum in orbibus suis in duabus partibus orientis et occidentis, qui nominantur motus longitudinis.

l'ordre des signes, de cette même quantité, de telle sorte qu'ils accomplissent leur révolution et parcourent la totalité du zodiaque en 36000 ans.

» ..... Le Soleil a deux mouvements d'occident en orient. L'un est son mouvement propre en son orbe excentrique..... L'autre est le mouvement par lequel sa sphère tourne autour des pôles du zodiaque ; ce mouvement est égal à celui de la sphère des étoiles fixes ; il est d'un degré en cent ans. »

Le traité d'Al Fergani renferme une remarque qui devait attirer l'attention sur un fait astronomique d'une haute importance, savoir la lente diminution qu'éprouve l'inclinaison de l'écliptique. Voici cette remarque (1) :

« L'arc du grand cercle passant par les pôles, qui se trouve compris entre chacun des points tropiques (solstices) et l'équateur, est l'inclinaison du zodiaque sur l'équateur. Selon ce qu'a trouvé Ptolémée, cette inclinaison vaut 23°51', le cercle comprenant 360°. Mais selon l'observation que Jean, fils d'Al-Mansour (2), fit au temps du kalife Al Mamoun, elle est de 23°35' (3) ; un grand nombre de sages s'accordent à admettre cette évaluation. »

Il semble, en ce passage, qu'Al Fergani regarde simplement la seconde détermination de l'obliquité de l'écliptique comme plus exacte que la première ; rien n'indique qu'à ses yeux cette obliquité soit un élément

(1) Al Fergani, *Op. laud.*, Cap. V : De duobus primis motibus qui sunt de motibus celi, quorum unus est motus totius, quo dies et noctes fiunt, ab oriente ad occidentem, et alter est stellarum quem videntur habere in orbe signorum ab occidente ad orientem.

(2) C'est-à-dire Iâhia (Abou Ali) ibn Abou Mansour.

(3) Le nombre de minutes est laissé en blanc dans le manuscrit que nous avons consulté ; il est marqué dans bon nombre d'autres manuscrits (Cf. Delambre, *Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age ;* Paris, 1819; pp. 63 et 65.) Mais le nombre 23°35' semble dû à une erreur de copiste. Les autres auteurs qui nous ont renseignés sur cette observation de Iâhia ibn Abou Mansour ont tous donné le nombre 23°33' (Cf. Al Battani *Opus astronomicum*, éd. Nallino, pars I, pp. 157-159).

variable avec le temps. Eudème, en un passage de son *Astronomie* que résume Théon de Smyrne (1), nous apprend que, de son temps, l'obliquité de l'écliptique était, par les astronomes, évaluée à 24°. Cette observation, rapprochée de celles qui furent faites au temps de Ptolémée et au temps d'Al Mamoun, eût donné plus de force à la supposition que cette obliquité diminue lentement. Al Fergani, sans doute, ne connaissait pas la détermination rapportée par Eudème et n'a pu en tirer une telle conclusion. Mais cette conclusion s'imposera bientôt aux astronomes.

La détermination de l'obliquité de l'écliptique, faite au temps d'Al Mamoun, demeurera, pendant bien longtemps, une des données fondamentales que les astronomes invoqueront toutes les fois qu'ils voudront discuter la variation de cette obliquité. Il est donc intéressant de rapporter ici quelques détails historiques sur cette opération astronomique célèbre. Ces détails nous sont fournis par la *Table Hakemite* (2), important ouvrage astronomique composé vers l'an 398 de l'Hégire (1007 après J. C.) (3), par Abou'l Hassan Ali ben Abd arrahman ben Ahmed ben Iounis ben Abd al aala ben Mousa ben Maïsara ben Hafes ben Hiyan, astronome du kalife Hakem.

Ibn Iounis (c'est la forme usuelle de ce nom interminable), afin d'expliquer et d'excuser les corrections qu'il fait subir à diverses déterminations astronomiques obtenues par ses prédécesseurs, s'attache à mettre en évidence les désaccords et les divergences que pré-

(1) Theonis Smyrnæi *Liber de Astronomia*, cap. XL ; éd. Th. H. Martin, pp. 324-325.

(2) *Le livre de la grande table Hakemite, observée par le Sheikh, l'Imam, le docte, le savant* Aboulhassan Ali ebn Abderrahman, ebn Ahmed, ebn Iounis, ebn Abdalaala, ebn Mousa, ebn Maïsara, ebn Hafes, ebn Hiyan ; par le Cen Caussin. (NOTICES ET EXTRAITS DES MANUSCRITS DE LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE, tome VII, an XII, pp. 16-240.)

(3) Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakemite* (NOTICES ET EXTRAITS, t. VII, p. 17.)

sentent entre elles certaines de ces déterminations ; c'est à ce propos qu'il écrit les lignes suivantes (1) :

« Quoique les astronomes du kalife Al Mamoun fussent plusieurs, cela n'a pas empêché que les observations qu'ils firent ensemble à Bagdad ne différassent de celles qu'ils firent à Damas, et que les savants de leur temps et ceux qui ont paru peu après n'aient critiqué leurs observations. Ils ont déterminé à Bagdad, l'an 214 de l'Hégire, 189 d'Izdjerd (829-830 après J. C.), l'obliquité de l'écliptique. Plusieurs savants étaient présents à cette observation : Iahia ben Abou Mansour, Alabbas ben Saïd Aljauhéri, Send ben Ali et autres. Ils ont trouvé 23° 33′ ; la plus grande équation du Soleil, 1° 59′ ; son apogée, dans 22° 39′ des Gémeaux ; son mouvement durant l'année persane 359° 45′ 44″ 14‴ 24⁗. Et par les observations faites à Damas, l'an 217 de l'Hégire, 201 d'Izdjerd (832-833 après J. C.), auxquelles présidaient Send ben Ali, Khaled ben Abdalmalik Almerouroudi, ils ont trouvé la plus grande déclinaison du Soleil 23° 33′ 52″ ; sa plus grande équation 1° 59′ 51″ ; son apogée dans 22° 1′ 37″ des Gémeaux ; son mouvement dans l'année persane 359° 45′ 46″ 33‴ 50⁗ 43⁗⁗. »

« Les astronomes d'Al Mamoun ont observé ensemble, poursuit Ibn Iounis (2) ; mais ont-ils fait ensemble le quart de cercle et l'ont-ils divisé ensemble ? Est-ce que l'instrument avec lequel plusieurs personnes observent n'est pas fait par une seule ? Ne voit-on pas, dans l'ouvrage qui renferme l'histoire des observations faites à Damas, qu'Ali ben Isa Alastharlabi, si célèbre pour la construction des instruments, fut chargé seul de la division du quart de cercle avec lequel se firent

(1) Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakemite* (NOTICES ET EXTRAITS, t. VII, pp. 54-56).

(2) Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakemite* (NOTICES ET EXTRAITS, t. VII, p. 66).

les observations ? Send ben Ali raconte qu'il a vu l'armille avec laquelle observait Iahia ben Abou Mansour ; qu'elle fut vendue, après la mort de celui-ci, dans le marché des papetiers, à Bagdad, et qu'elle était divisée de dix en dix minutes. Il remarque ensuite que les observations faites avec cet instrument ne peuvent être très justes, ni même avoir un degré d'exactitude suffisant. »

C'est pourquoi, sans doute, Al Fergani, tout en rappelant que les astronomes d'Al Mamoun avaient attribué à l'écliptique une obliquité fort inférieure à celle que lui donnait Ptolémée, n'en conclut pas que cette obliquité diminue de siècle en siècle.

Al Fergani se sépare nettement de Ptolémée en un point de grande importance ; au lieu d'admettre, avec l'astronome Alexandrin, que l'apogée du Soleil participe uniquement du mouvement diurne, il admet que ce point est entraîné avec les étoiles fixes, en sorte que son mouvement se compose du mouvement diurne et du mouvement de précession. Cette réaction à l'encontre de l'une des doctrines de l'*Almageste* fut suivie par tous les astronomes arabes qui vinrent après Al Fergani.

La *Table Hakemite* nous renseigne encore au sujet des observations qui ont pu justifier cette réaction : « Dans ce même chapitre VIII, dit Caussin (1), Ibn Iounis rapporte deux observations faites par les Perses, postérieurement à Ptolémée, qui ont servi à reconnaître le mouvement de l'apogée du Soleil que Ptolémée croyait immobile. Par la première de ces observations, qui remonte à l'an 470 environ, ère vulgaire, l'apogée du Soleil fut trouvé dans 17° 55′ des Gémeaux ; et par la seconde, 160 ans environ après, 630 ère vulgaire, dans 20° des Gémeaux. »

(1) Ibn Iounis, *Le livre de la grande table Hakemite* (NOTICES ET EXTRAITS, t. VII, p. 234).

Mais assurément, la supposition que l'apogée du Soleil se déplace, et que son mouvement suit exactement le mouvement attribué par Ptolémée aux étoiles fixes, est antérieure à la dernière de ces observations, et peut-être aussi à la première. Les astronomes indiens, en effet, l'admettaient avant l'an 500 de notre ère ; nous allons en avoir l'assurance par la lecture de Massoudi, qui écrivait en 943, et d'Al Birouni qui écrivait en 1031.

Massoudi, avec les Indiens dont il nous rapporte les opinions (1), fait remonter l'origine de l'Astronomie à Brahma, qu'il nomme Brahman et qu'il représente comme le premier roi de l'Inde. « Sous son règne, dit-il, la sagesse prit le dessus, et les savants occupèrent le premier rang. On représenta dans les temples les sphères célestes, les douze signes du zodiaque et les autres constellations... Ce fut alors que les savants réunis composèrent le *Sindhind*, titre de livre dont la signification est le *temps des temps.* »

Le *Sindhind* ou « *Siddhânta* dont il s'agit ici, dit Reinaud (2), est le *Soûrya-Siddhânta* »... « Albyrouny (3) ne s'explique pas sur l'époque de la rédaction du *Soûrya-Siddhânta,* le traité fondamental de l'Astronomie indienne ; il se contente de dire que Lat en fut le rédacteur. Pour les Indiens, ils attribuent la composition de cet ouvrage à un personnage appelé Maya, ou plutôt à un disciple de Maya, et en effet Maya est cité par Varâha-Mihira comme un des pères de la Science. Varâha-Mihira ayant vécu à la fin du Ve siècle (4), la

(1) Reinaud, *Mémoire géographique, historique et scientifique sur l'Inde, antérieurement au milieu du XIe siècle de l'ère chrétienne, d'après les écrivains arabes, persans et chinois,* pp 324. (MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES INSCRIPTIONS ET BELLES-LETTRES, t. XVIII, Deuxième partie, 1849 ; pp. 1-399).

(2) Reinaud, *loc. cit.*, p. 324.

(3) Reinaud, *loc. cit.*, pp. 332-333.

(4) Varâha-Mihira florissait en l'an 504 de notre ère (Reinaud, *loc. cit.*, p. 337.)

composition du *Soûrya-Siddhânta* est nécessairement antérieure. Probablement Lat est le nom du disciple de Maya qui mit par écrit les idées de son maître. »

Que disait le *Soûrya-Siddhânta* touchant le mouvement de l'apogée solaire? Massoudi va nous le répéter (1):

« Brahman est le premier qui porta son attention sur le *oudj* du Soleil, et qui dit que le [*oudj* du] Soleil restait trois mille ans dans chaque signe du zodiaque, ce qui portait sa révolution à trente-six mille années. Le *oudj*, dans l'opinion des Brahmanes, est à présent, l'an 332 de l'hégire (943 de J.-C.), dans le signe des Gémeaux. Quand il aura passé dans les signes situés au midi de l'équateur, la partie habitée de la terre se déplacera ; ce qui est habité sera couvert par les eaux, et ce qui maintenant est sous l'eau deviendra habitable. Le nord deviendra le midi, et le midi, le nord. »

A cette citation, Reinaud joint les renseignements suivants :

« Le *oudj* (اوج) dont parle Massoudi est le terme sanscrit *outchtcha*, signifiant hauteur ; il répond à ce que les Grecs nommaient apogée... Le mot *oudj* passa dans les traductions latines faites sur l'arabe au Moyen Age ; on écrivait *aux* au nominatif et *augis* au génitif. » Le mot *aux* était mis au féminin. Avec Delambre, nous le traduirons par *auge*.

Avant l'an 500, donc, les auteurs du *Soûrya-Siddhânta* admettaient que l'apogée du Soleil, participant au mouvement des étoiles fixes, décrivait l'écliptique, d'occident en orient, en 36 000 ans. Comment étaient-ils parvenus à cette conviction ? Ce ne peut être à cause des observations que rapporte Caussin. Peut-être usaient-ils d'observations plus anciennes. Mais il est plus probable qu'ils avaient simplement étendu à

(1) Reinaud, *loc. cit.*, pp. 324-325.

l'apogée du Soleil la loi que Ptolémée avait acceptée pour les apogées des cinq planètes.

Que l'enseignement du *Soûrya-Siddhânta* ait grandement contribué à communiquer cette conviction à Al Fergani, on l'admettra sans peine si l'on prouve que l'Astronome arabe a eu connaissance de ce livre indien. Or, cette dernière proposition est rendue probable par ce fait que les traités de Masciallah et d'Al Fergani paraissent être les premiers où l'apogée d'un astre soit désigné par le mot *oudj* (*aux*) dont Reinaud nous a appris l'origine sanscrite.

Il existe, d'ailleurs, d'autres preuves (1) des emprunts faits par Al Fergani à l'Astronomie indienne, et Reinaud a pu écrire (2) : « Les Arabes s'initièrent aux doctrines indiennes avant d'être familiarisés avec l'*Almageste* de Ptolémée. »

A l'exemple d'Al Fergani, tous les astronomes arabes vont admettre que les absides et les nœuds du Soleil et de toutes les planètes suivent exactement le mouvement des étoiles fixes. Il nous faudra arriver à Al Zarkali pour voir signaler le mouvement propre de l'apogée solaire par rapport aux constellations.

V

La grande Année et la précession des équinoxes

En ce que Massoudi nous a rapporté du *Soûrya-Siddhânta,* un point doit retenir notre attention.

D'après ce livre, le passage de l'apogée solaire de l'hémisphère boréal dans l'hémisphère austral doit entraîner, à la surface de notre globe, une permutation entre les continents et les océans ; les terres, fermes

(1) Reinaud, *loc. cit.*, p. 368.
(2) Reinaud, *loc. cit.*, p. 367.

aujourd'hui, seront alors submergées, et le fond des mers sera asséché.

L'idée d'une alternance périodique entre les lieux que la mer occupe et ceux où la terre émerge est une idée fort ancienne et que l'on retrouve chez beaucoup de peuples ; le déluge dont la Genèse fait mention et le cataclysme, de moins en moins discuté aujourd'hui, qui submergea l'Atlantide, sont, sans doute, à l'origine de cette croyance.

Les témoignages de Massoudi et d'Al Byrouny nous ont montré que cette croyance était fort ancienne chez les Brahmanes de l'Inde. Le témoignage de Bérose nous a appris, à son tour, que les Chaldéens la professaient et nous a dit quelle forme exacte ils lui donnaient ; Bérose, en effet, « attribue (1) ces révolutions aux astres, et d'une manière si précise qu'il fixe l'époque de la conflagration et du déluge. Le globe, dit-il, prendra feu quand tous les astres, qui ont maintenant des cours si divers, se réuniront dans le Cancer, et se placeront de telle sorte les uns sous les autres qu'une ligne droite pourrait traverser tous leurs centres. Le déluge aura lieu quand tous ces astres seront rassemblés de même sous le Capricorne. La première de ces constellations régit le solstice d'été et la seconde le solstice d'hiver. »

Selon les Chaldéens, donc, comme selon les Indiens, la distribution des terres fermes et des mers à la surface de notre globe varie suivant une loi périodique ; mais les Chaldéens marquent formellement quelle est la durée qui sert de période soit au déluge, soit à l'embrasement ; c'est le temps qui s'écoule entre deux conjonctions consécutives de tous les astres errants avec un même point solstitial.

De très bonne heure, les philosophes grecs ont

(1) Cité par Sénèque, *Questions naturelles*, livre III, chap. XXIX.

cherché à évaluer la *grande Année* ainsi définie, car il importait de connaître avec précision les époques des cataclysmes et des embrasements que le Monde devait éprouver indéfiniment. Les témoignages de Censorin, de Jean Stobée, du Pseudo-Plutarque nous ont fait connaître la variété des valeurs attribuées à la grande Année par les anciens sages de l'Hellade. Archytas de Tarente, dont Simplicius nous a gardé l'enseignement, prend pour unité de temps la période d'une révolution du Monde. Platon, au *Timée*, rappelle l'alternance des déluges et des embrasements, ainsi que la définition de l'Année parfaite ; en la *République* il définit le nombre parfait qui rythme la vie périodique de l'Univers. Aristote, enfin, rattache logiquement ces croyances à son système rationnel de Physique ; la primauté du mouvement local sur tous les autres mouvements soumet aux circulations célestes toutes les transformations de la sphère sujette à la génération et à la corruption ; la vie du Monde sublunaire est donc, tout entière, une vie périodique, et sa période est la commune période de toutes les révolutions astrales.

L'œuvre de Platon et d'Aristote n'était point pour écarter de l'esprit des hommes la préoccupation de ces déluges d'eau ou de feu qui devaient, périodiquement, désoler le Monde ; la pensée de ces cataclysmes, pendant toute l'Antiquité, hante les Grecs et les Latins ; et cette pensée les rend attentifs à l'évaluation de la grande Année, période suivant laquelle se renouvelle indéfiniment un Monde éternel.

Nul, dans l'Antiquité, ne s'est montré plus anxieux de ces grands problèmes que Marcus Tullius Cicéron.

Dès sa jeunesse, lorsqu'il traduit en vers latins une partie des *Phénomènes* d'Aratus, il introduit (1), en

(1) Cicéron, *Fragment de traduction des Phénomènes d'Aratus*, vers 230-234. Les passages correspondants des *Phénomènes d'Aratus*, (vers 455 sqq.) et de la *Traduction des Phénomènes en vers latins*, donnée par Germanicus (vers 431 sqq.) ne font aucune mention de la grande Année.

sa traduction, la définition platonicienne de la grande Année :

Sic malunt errare vagæ per nubila cæli
Atque suos vario motu metirier orbes.
Hæc faciunt magnos longinqui temporis annos,
Quum redeunt ad idem cæli sub tegmine signum.

Cette grande Année se trouvait de nouveau définie au traité *De la nature des dieux* (1) : « C'est à cause des mouvements inégaux des astres errants, lisait-on en ce traité, que les mathématiciens ont appelé grande Année celle où il arrive que le Soleil, la Lune et les cinq planètes, après avoir fini chacun leur cours, se retrouvent respectivement dans la même position. Quelle est la longueur de cette Année ? C'est là une grande question. Mais il est nécessaire qu'elle ait une certaine durée bien déterminée. »

Au *Songe de Scipion*, épisode célèbre de sa *République,* Cicéron parlait (2) « de ces inondations, de ces embrasements de la terre, dont le retour est inévitable à certaines époques marquées. » Comment ces époques sont-elles marquées ? L'orateur ne le disait pas ; mais, sans doute, il les regardait comme liées à la grande Année dont, aussitôt après (3), il parlait en ces termes :

« Pour que l'Année véritable soit entièrement révolue, il faut que tous les astres soient revenus au point d'où ils sont partis une première fois, et qu'ils aient ramené, après un long temps, la même configuration du Ciel ; et je n'ose dire combien cette Année contient de vos siècles.

» Ainsi, le Soleil disparut aux yeux des hommes et sembla s'éteindre quand l'âme de Romulus entra dans nos saintes demeures ; lorsqu'il s'éclipsera du même côté du ciel et au même instant, lorsque tous les signes

(1) M. T. Ciceronis *De natura deorum,* lib. II, cap. XX.
(2) M. T. Ciceronis *De republica* lib. VI, cap. XVI.
(3) Cicéron, *Op. laud.*, lib. VI, cap. XVII.

et toutes les étoiles seront revenus au même principe, alors seulement l'Année sera complète. Mais sachez que, d'une telle Année, la vingtième partie n'est pas encore écoulée. »

Cicéron n'osait dire, en ce passage, combien cette grande Année contient de nos siècles ; si nous en croyons Tacite, il avait cette audace dans le traité de philosophie, aujourd'hui perdu, qu'il avait intitulé *Hortensius ;* Tacite écrit, en effet (1) :

« Si, comme Cicéron l'écrit dans son *Hortensius,* la grande et véritable Année est celle après laquelle la position du Ciel et des astres se retrouvera, une seconde fois, exactement la même que celle qui existe aujourd'hui, et si cette Année en embrasse 12954 des nôtres... » Servius nous a également conservé ce passage de l'*Hortensius* (2).

L'exemple de Cicéron nous montre à quel point les Latins étaient soucieux du problème de la périodicité du Monde et de la grande Année ; de ce souci, il nous est fort aisé de citer d'autres témoins.

Sénèque, par exemple, croit (3) aux déluges d'eau et de feu par lesquels Dieu renouvelle périodiquement le Monde ; touchant l'intervalle de temps qui sépare deux cataclysmes successifs, il ne nous fait pas connaître son propre sentiment, mais il rapporte (4), sans l'approuver ni l'improuver, celui de Bérose.

Apulée, commentant l'enseignement de Platon, écrit (5) :

« C'est cette course ordonnée des étoiles qui nous permet de comprendre ce qu'on appelle la grande

(1) C. Cornelii Taciti *De claris oratoribus dialogus,* cap. VI. L'attribution de ce dialogue à Tacite est contestée.

(2) Servius, *Ad Æneid.*, III, 284, à propos de ce vers :

Interea magnum sol circumvolvitur annum.

(3) Sénèque, *Questions naturelles,* livre III, ch. XXVIII.

(4) Sénèque, *Op. laud.*, livre III, ch. XXIX.

(5) L. Apuleii Madaurensis *De dogmate Platonis* lib. I.

Année ; la durée en est accomplie lorsque le cortège mouvant des étoiles est parvenu tout entier au terme de sa course et, se retrouvant dans sa position primitive, recommence une nouvelle route dans les voies du Monde. »

En la préface du *Traité d'Astronomie* attribué à Julius Firmicus Maternus, les sujets dont il sera traité se trouvent énumérés (1) ; on dira « ce que sont les neuf sphères ; quelles sont les cinq zones ; quels sont les divers genres de nature qui les caractérisent ; quels sont les effets des douze signes ; quelle opération produit la marche éternellement errante des cinq étoiles ; ce que sont le cours diurne du Soleil, son retour annuel ; ce que sont le mouvement rapide de la Lune et les continuels accroissements de sa lumière. On dira aussi combien il faut de révolutions de ces astres pour accomplir cette grande Année dont on parle, qui ramène non seulement ces cinq étoiles, mais encore la Lune et le Soleil, à leurs places originelles ; elle s'achève en mille quatre cent soixante et un ans. »

Julius Firmicus ou l'auteur que nous cache ce nom croit que le Monde passe par une alternative d'inondations et d'embrasements ; mais ces phénomènes effrayants, il les sépare les uns des autres par une durée bien plus longue que la grande Année dont il vient de parler : « La fragilité humaine, dit-il (2), n'a

(1) Iulii Firmici *Astronomicorum libri octo integri, & emendati, ex Scythicis oris ad nos nuper allati.* — Marci Manilii *astronomicorum libri quinque.* — Arati *Phænomena* Germanico Cæsare *interprete cum commentariis et imaginibus.* — Arati, *eiusdem fragmentum*, Marco T. C. *interprete.* — Arati *eiusdem Phænomena* Rufo Festo Auienio *paraphraste.* — Arati *eiusdem Phænomena græce.* — Theonis *commentaria copiosissima in* Arati *Phænomena græce.* — Procli Diadochi *Sphæra græce.* — Procli *eiusdem Sphæra*, Thoma Linacro Britanno *interprete.* Au verso : Aldus Manutius Romanus Guido Pheretrio Vrbini Duci S. P. D... Venetiis decimo sexto Calendas novem. MID. — Iulii Firmici Materni iunioris Siculi V. C. *Matheseos liber primus ad Mavortium Lollianum Præfatio.* Fol. sign. a, verso.

(2) Julii Firmici Materni *Matheseos* lib. III, cap. I ; éd. cit., fol. sign. d. III.

pu prendre assez d'extension pour que sa raison lui permette de comprendre et d'expliquer aisément la genèse du Monde ; d'autant que tous les trois cent mille ans s'accomplit l'ἀποκατάστασις, c'est-à-dire le renouvellement *(redintegratio)* de l'Univers, par l'ἐκπύρωσις et par le κατακλυσμός ; c'est, en effet, de ces deux manières que l'ἀποκατάστασις se produit habituellement, car le déluge suit l'embrasement ou, en d'autres termes, le κατακλυσμός suit l'ἐκπύρωσις. »

Lorsque Macrobe commente le *Songe de Scipion* de Cicéron, il s'étend longuement sur ces renouvellements que l'eau et le feu imposent alternativement au Monde. « Selon les plus anciens physiciens, dit-il (1), le feu éthéré se nourrit de vapeurs... De ce que la chaleur s'entretient par l'humidité, il suit que le feu et l'eau éprouvent alternativement un excès de réplétion. Lorsque le feu est parvenu à cet excès, l'équilibre entre les deux éléments est détruit. Alors la chaleur trop forte de l'air produit un incendie qui pénètre jusqu'aux entrailles de la terre. Mais bientôt l'ardeur dévorante du fluide igné se trouve ralentie, et l'eau reprend insensiblement ses forces ; car la nature du feu, épuisée en grande partie, absorbe peu de particules humides. C'est ainsi qu'à son tour, l'élément aqueux, après une longue suite de siècles, acquiert un tel excédent qu'il est contraint d'inonder la terre ; et pendant cette crue des eaux, le feu se remet des pertes qu'il a éprouvées. Cette alternative de suprématie entre les deux éléments n'altère en rien le reste du Monde, mais détruit souvent l'espèce humaine, les arts et l'industrie, qui renaissent lorsque le calme est rétabli ; car la dévastation causée soit par les inondations, soit par les embrasements n'est jamais générale... Telle est l'alternative de destruction et de reproduction à laquelle est assujetti le

(1) Aurelii Macrobii *In somnium Scipionis commentarii*, lib. II, cap. X.

genre humain, sans que la stabilité du Monde en souffre. »

Tout aussitôt après ces considérations sur les déluges et les embrasements périodiques, Macrobe reproduit et commente (1) ce que Cicéron avait dit de la grande Année. « Cette restitution parfaite des aspects s'accomplit, disent les physiciens, en quinze mille ans... Cette grande Année se nomme encore l'Année du Monde, parce que le Monde, à proprement parler, c'est le Ciel. »

Cette Année du Monde est-elle l'intervalle de temps qui sépare deux embrasements successifs, deux déluges successifs? De ce que Macrobe, comme Cicéron, traite de celle-là aussitôt après ceux-ci, on pourrait le conjecturer ; mais pas plus que Cicéron, Macrobe ne l'affirme d'une manière formelle.

De siècle en siècle, nous voyons les auteurs latins se passer les uns aux autres cette double tradition des cataclysmes périodiques et de la grande Année ; les auteurs grecs, d'ailleurs, ne l'avaient point oubliée.

Que tous les changements du monde sublunaire soient déterminés par les mouvements célestes ; que, par conséquent, le retour du Ciel au même état, au bout de la grande Année, ramène exactement les mêmes effets en la sphère de la génération et de la corruption, c'est, à n'en pas douter, la pensée d'Aristote ; c'est à l'aide de cette pensée que Plutarque commente ce qu'au *Timée*, Platon avait dit de la grande Année :

« Dans cet espace de temps, dit-il (2), qui est déterminé et que notre intelligence conçoit, ce qui, au ciel et sur la terre, subsiste en vertu d'une nécessité primordiale, sera replacé dans le même état et, de nouveau, toutes choses seront exactement rétablies selon leurs anciennes conditions... Supposons, afin de rendre

(1) Macrobii *Op. laud.*, lib. II, cap. XI.
(2) Plutarque, *De fato*, III.

la chose plus claire en ce qui nous regarde, que ce soit par l'effet d'une disposition céleste que je vous écris en ce moment ces lignes, et que vous faites ce que vous vous trouvez faire à cette heure ; eh bien ! quand sera revenue la même cause, avec elle reviendront les mêmes effets, et nous reparaîtrons pour accomplir les mêmes actes. Ainsi en sera-t-il également pour tous les hommes. »

Au sujet de la grande Année platonicienne, la littérature grecque nous offre un texte d'une importance capitale ; c'est celui où Proclus commente ce qu'en disait le *Timée* (1). Proclus y fond ce que Platon avait exposé en ce dialogue avec les considérations sur le nombre parfait que contenait la *République ;* ramenée ainsi à l'unité, la pensée platonicienne laisse mieux voir les liens qui l'unissent à l'enseignement d'Archytas de Tarente et des Écoles pythagoriciennes, tel que Simplicius nous l'a conservé.

« Après avoir décrit la génération des sphères par le Démiurge, la production des sept corps [errants], la manière dont ils ont été animés, l'ordre que le Père leur a attribué, leurs mouvements variés, la mesure de la durée de révolution de chacun d'eux et les diverses circonstances de leurs retours périodiques, le texte arrive enfin à l'étalon (μονάς) de la durée, à ce qui en est l'unité (ὁ εἷς ἀριθμος), par laquelle tout mouvement est mesuré, qui comprend en elle toutes les autres mesures, qui détermine la vie (ἡ ζωή) totale du Monde, la révolution complète des corps célestes et la vie (ὁ βίος) entière en sa période achevée. Ce nombre, il ne faut point le considérer seulement selon une science d'ordre inférieur (δοξαστικῶς) (2), en accumulant

(1) Procli Diadochi *In Platonis Timæum commentaria.* Edidit Ernestus Diehl. Lipsiæ, MCMVI. T. III, pp. 91-94.

(2) Δόξα, c'est la science en laquelle nous raisonnons sur les apparences sensibles, sur les choses qui passent, qui n'ont pas la véritable existence.

myriades sur myriades ; certains gens, en effet, ont coutume d'en parler de la sorte. » Proclus montre alors comme on détermine habituellement la durée de la grande Année en calculant le plus petit multiple commun des huit périodes des révolutions célestes ; puis il poursuit en ces termes : « Ces gens donc tiennent de tels propos. Mais ce n'est pas seulement de cette façon qu'il faut considérer le temps entier qui est propre au Monde (ὁ ὅλος ἐγκόσμιος χρόνος) ; il le faut considérer à l'aide de l'intuition (νόος) et de la méditation (διάνοια) ; il faut contempler suivant une science assurée (ἐπιστημονικῶς) (1) cette unité numérique, cette puissance une qui évolue, cette production une qui achève pleinement son œuvre, qui fait pénétrer en toutes choses la vie du Monde ; il faut voir toutes ces choses conduisant cette vie jusqu'à son terme et la reprenant à partir du commencement ; il les faut voir se refermant chacune sur elle-même, et accomplissant, par là-même, le mouvement circulaire que ce nombre mesure ; de même, en effet, que l'unité borne l'infinitude du nombre et contient en elle-même l'indétermination de la dualité, de même le temps mesure le mouvement tout entier, et la fin de ce mouvement fait retour au commencement. C'est pourquoi ce temps-là est nommé nombre, et nombre parfait. Le mois et l'année aussi sont nombres, mais ils ne sont pas nombres parfaits, car ils sont parties d'autres nombres ; mais le temps de l'évolution de l'Univers (ὁ τῆς τοῦ παντὸς περιόδου χρόνος) est parfait, car il n'est partie de rien ; il est entier, afin d'être à la ressemblance de l'éternité. C'est celle-ci, en effet, qui est, en premier lieu, l'intégrité ; mais l'éternité confère aux êtres l'intégrité complète de ce qui demeure

(1) Ἐπιστήμη, c'est la science par laquelle nous saisissons non plus les apparences, mais les idées, les choses qui existent réellement d'une existence éternelle.

toujours semblable à soi-même, tandis que le temps leur communique une intégrité qui se manifeste par voie de développement (παρατάσις) ; l'évolution, en effet, c'est l'intégrité déroulée dans le temps de cette autre intégrité qui, dans l'éternité, demeure enroulée sur elle-même (ἀνέλιξις γὰρ ἐστιν ἡ ὁλότης ἡ χρονικὴ τῆς ἐν ἐκείνῳ συνεσπειραμένως μενούσης ὁλότητος). Donc, ce temps entier qui est propre au Monde mesure la vie une de l'Univers, vie selon laquelle arrivent ensemble à leur terme toutes les vitesses des cycles parcourus par les corps célestes et par les corps sublunaires (car pour ceux-ci aussi il y a évolutions périodiques et retours au point de départ).

» Ces vitesses ont pour repère (κεφαλή) le mouvement de l'identique (1) ; et comme c'est toujours à ce repère-là que les comparaisons sont faites, ce mouvement de l'identique est le plus simple de tous ; les retours des astres [à leurs positions primitives] sont estimés à l'aide des points marqués en ce mouvement (2) ; on considère, par exemple, le retour simultané de tous les astres en un même point équinoxial ou bien au solstice d'été ; on peut aussi considérer non pas le retour simultané en un même point, mais le retour simultané à des positions qui soient les mêmes par rapport à un certain repère, tel que le levant ou le midi ; dans ce cas, tous les astres doivent redonner une même configuration par rapport à ce repère ; ainsi la disposition générale que tous les astres errants ont, en ce moment, est un certain retour, non pas au même point, mais à un même état, rapporté au même repère, de la configuration considérée. Les astres errants se sont-ils réunis autrefois en un même point et en un certain point marqué [de la sphère des étoiles inerrantes] ? Au moment où cette coïncidence

(1) Le mouvement de la sphère des étoiles inerrantes, selon la doctrine du *Timée*.

(2) C'est-à-dire à l'aide des points marqués en la sphère des étoiles inerrantes.

se produira de nouveau, le temps total atteindra son terme.

» On peut citer ici une coïncidence isolée qui marque, dit-on, l'heure du Cancer du Monde, et dont le retour détermine ce que l'on appelle l'année caniculaire (1), parce qu'alors le lever du Cancer coïncide avec le lever de l'astre brillant du Chien, qui fait partie des étoiles inerrantes.

» Si donc tous les astres reviennent tous ensemble au même point du Cancer [après en être partis tous ensemble] cette révolution périodique en sera une de l'Univers. Mais si la conjonction qui s'est produite une fois dans le Cancer, se reproduisait de nouveau tout entière en un point équinoxial, on n'aurait plus affaire à la même période, car la révolution considérée ne serait pas du même point au même point ; elle doit avoir lieu d'un point équinoxial au même point équinoxial, ou bien du solstice d'été au solstice d'été ; à chacune de ces deux révolutions correspond alors un nombre égal, et la durée de l'une est égale à la durée de l'autre ; car de ces deux révolutions, la période est la même ; la grandeur en est définie par le retour à la même place de tous les mobiles.

» Voilà ce que l'on peut dire de l'unité du temps qui mesure tous les mouvements corporels, comme le Monde mesure les êtres vivants et animés, et comme l'éternité mesure toutes les intelligences vivantes. On voit clairement par ce qui précède ce qu'est ce temps,

(1) Voici ce que Censorin (*De die natali*, XVIII) dit de cette année : « Les Égyptiens n'ont aucun égard à la Lune dans la formation de leur grande Année que l'on appelle en grec κυνικός et, en latin, *canicularis*, parce qu'elle commence avec le lever de l'étoile du Chien le premier jour du mois que les égyptiens appellent Toth. En effet leur année civile n'a que trois cent soixante-cinq jours sans aucune intercalation. Aussi l'espace de quatre ans est-il, chez eux, plus court d'environ un jour que l'espace de quatre années naturelles ; ce qui fait que la coïncidence ne se rétablit qu'à la quatorze cent soixante-et-unième année Cette année est aussi appelée par quelques uns ἡλιακός et par d'autres ὁ Θεοῦ ἐνιαυτός. »

quand il est accompli et quel achèvement simultané il détermine en l'Univers.

» Ajoutons, cependant, à ce que nous avons dit que ce nombre parfait ci [celui dont il est question au *Timée*] paraît différer de celui dont il est parlé en la *République* et dont il est dit qu'il embrasse la révolution périodique de tout ce qui est à la fois engendré et divin ; il semble qu'il soit plus particulier et qu'il amène seulement le retour simultané des huit révolutions périodiques [des sphères célestes] ; au contraire, celui [dont il est parlé en la *République*] embrasse toutes les périodes de tous les mouvements propres des étoiles inerrantes, et toutes les périodes sans exception des êtres qui, au sein du Ciel, sont mus d'une manière visible ou invisible, que ces êtres soient engendrés et divins ou qu'ils viennent après les Dieux, et toutes ces vicissitudes périodiques de fertilité et de stérilité des êtres sublunaires, de ceux dont la vie est courte comme de ceux dont la vie est longue ; aussi ce dernier nombre régit-il également la vicissitude périodique du genre humain. »

Il semblerait, d'après ce passage, qu'il faille distinguer deux grandes Années platoniciennes ; celle dont il est question au *Timée*, plus petit commun multiple des huit durées de révolution des sphères célestes, serait seulement une partie aliquote de l'autre ; celle-ci, plus petit commun multiple des périodes de toutes les rotations, de toutes les révolutions visibles ou invisibles qui s'effectuent au sein des cieux, serait celle dont il est question en la *République*, celle dont le nombre parfait mesure le temps du retour de l'Univers à son état initial, le διάστημα τῆς τοῦ παντὸς φύσεως d'Archytas. Ce que Proclus ne dit pas explicitement, mais ce qui résulte évidemment de tout son exposé, c'est qu'à son avis, les deux périodes ne sont pas distinctes, qu'elles constituent une seule et même grande Année.

Cette grande année régit, Proclus vient de nous le

dire, la vie périodique du genre humain ; c'est dire qu'elle a pour sous multiple la période de la métempsychose, cette myriade d'années au bout de laquelle la même âme reprend possession du même corps. Comme Platon, comme Plutarque, Proclus croit à cette métempsychose. « La Myriade, écrit-il (1),... marque le retour de l'âme qui a achevé son œuvre et qui revient au point de départ, comme le dit Socrate dans le *Phèdre*. »

Les Néoplatoniciens ne sont pas seuls, parmi ceux qui parlent la langue grecque, à croire qu'au terme d'une grande année, l'Univers entier reprend exactement l'état qu'il avait au début, pour recommencer une nouvelle période de sa vie éternelle. On trouve la même croyance chez ceux qui s'attachent à l'enseignement d'Aristote.

Un certain Olympiodore, qui vivait à Alexandrie vers la fin du VIe siècle de notre ère, a commenté les *Météores* d'Aristote. Or voici ce que nous lisons en son commentaire (2) :

« La seconde espèce de changement est la transformation de l'eau salée en un corps de nature sèche et terrestre. C'est le changement qui se produit en la mer, lorsqu'elle revêt la puissance de la nature terrestre, et en la terre lorsqu'elle se tourne en substance marine... Cela posé, Aristote nous montre quel est l'ordre de la grande Année. Lorsqu'arrive le grand Hiver, la terre passe à l'état de mer. Lorqu'arrive le grand Été, la mer est revêtue de la croûte terrestre. Lors de la venue

(1) Proclus, Μέλισσα εἰς τὸν ἐν Πολιτείᾳ λόγον τῶν Μουσῶν (*Anecdota varia graeca et latina*, t. II, p. 25, Berlin, 1886).

(2) Olympiodori philosophi Alexandrini *In meteora Aristotelis commentarii* ; lib. I, actio XVII. (Olympiodori philosophi Alexandrini *In meteora Aristotelis commentarii*. Ioannis Grammatici Philoponi *Scholia in I meteorum Aristotelis*. Ioanne Baptista Camotio philosopho interprete, ad Philippum Ghisilerium, equitem Bononien. splendidissimum, et senatorem clariss. Aldus. Venetiis, MDLI, Fol. 30, verso.

de ce grand Hiver, en effet, la puissance des eaux est fort grande et la quantité d'humidité surabonde ; mais lorsque survient le grand Été, l'humidité se met à faire défaut... Aristote entend nous enseigner pourquoi, suivant l'ordre de cette grande Année, la substance marine se transforme, durant le grand Été, en substance terrestre, tandis que la transformation inverse se produit au cours du grand Hiver. C'est, dit-il, parce que les diverses parties de la terre ont, comme les êtres animés, leur époque florissante et leur mort. Les parties terrestres sont florissantes lorsqu'elles se dessèchent. Elles s'humectent donc lorsque le froid est rigoureux, c'est-à-dire lorsque le grand Hiver a commencé ; elles se dessèchent, au contraire, lorsque se produit la chaleur, c'est-à-dire à l'arrivée du grand Été... S'il en est ainsi, c'est afin qu'il se rencontre un intermédiaire entre les choses éternelles et les choses tout à fait mortelles ; cet intermédiaire n'est point mortel en totalité, mais, à cause des alternatives de froid et de chaleur, il n'est pas tout à fait éternel. »

Qu'elles soient donc indiennes ou chaldéennes, grecques ou latines, toutes les philosophies païennes de l'Antiquité semblent s'accorder en une même doctrine : Le Monde est éternel, mais comme il n'est point immuable, il reprend périodiquement le même état ; le Ciel, formé de corps incorruptibles, repasse périodiquement par la même configuration ; le Monde des choses corruptibles éprouve alternativement des déluges et des combustions qui scandent sa marche rythmée, qui signalent le retour périodique de choses de même espèce.

Les Juifs eux-mêmes, peut-être sous l'influence des Philosophies païennes, semblent en être venus à concevoir une grande Année ; à la vérité, l'historien Flavius Josèphe parle seulement (1) d'une grande Année

(1) Flavius Josèphe, *Antiquités judaïques*, l. I, ch. III (VI), art. 9.

de six cents ans, qui ne saurait être une période de rénovation du Monde ; mais nous trouvons de tout autres considérations dans le *Commentaire au Timée* de Chalcidius ; or ce commentateur, dont on fait souvent un chrétien, nous semble plutôt, comme nous le dirons, avoir été un juif platonicien, à la manière de Philon. Voici comment s'exprime Chalcidius (1) au sujet du passage où Platon définit la grande Année :

« Ce que Platon nomme le nombre parfait du temps, en lequel s'accomplit l'Année parfaite, c'est le temps au bout duquel les sept planètes, aussi bien que les autres étoiles dites inerrantes, se présentent de nouveau dans leurs positions initiales ; elles sont alors disposées suivant le même dessin qu'à l'origine des choses et au début du Monde ; leurs intervalles, à la fin de ce temps, cadrent en longueur, en largeur et en profondeur avec leurs intervalles primitifs.

» Ce temps contient une innombrable suite d'années, car les circuits parcourus par les étoiles errantes ne sont pas égaux entre eux, en sorte que ces étoiles accomplissent nécessairement leur cours en des temps inégaux. »

Chalcidius rappelle alors les diverses inégalités dont sont affectées les marches des planètes ; puis il poursuit en ces termes :

Au terme de la grande Année, « il faut que rien, absolument rien, ne diffère, dans le dessin du Ciel, des positions relatives, de l'aspect, des figures que les astres présentaient au début ; il est nécessaire que l'ensemble des étoiles présente le même accord et reproduise la même conformation. Si donc un des feux célestes reprend, par rapport à la constellation où il se

(1) Chalcidii V. C. *Commentarius in Timæum Platonis*, CXVII. (*Fragmenta philosophorum græcorum* collegit F. A. Mullachius, vol. II, pp. 208-209. Parisiis, A. Firmin-Didot, 1867).

trouvait d'abord, un état identique, peut-être, en longitude, mais dont la latitude ne représente pas la latitude primitive ; ou bien encore, si l'un de ces astres a été ramené à un état qui, en toutes dimensions, reproduit exactement l'état primitif, tandis que les autres planètes, dont la condition est différente, ne sont point du tout parvenues à cette représentation parfaite de l'état initial ; il faut que cette étoile même qui, pour son propre compte, réalisait cette représentation parfaite, éprouve un nouveau changement de position, et cela jusqu'à ce qu'arrive cette favorable disposition des étoiles qui reproduira exactement l'aspect que les astres présentaient au commencement du Monde.

» Il n'est pas à croire que ce mouvement, que cette configuration amènent la ruine et la dissolution du Monde ; il faut bien plutôt penser que le Monde en recevra une autre création, et comme une nouvelle verdeur placée sous les auspices d'un mouvement nouveau ; je ne sais, si cette rénovation produira, en certaines régions de la terre, le moindre dommage. »

Ainsi s'exprimait, au sujet du renouvellement périodique du Monde au terme de chaque grande Année, un platonicien qui, vraisemblablement, était juif.

Seule la Philosophie chrétienne condamnera cette pensée que l'Univers est éternel et périodique. Lorsque nous étudierons la Physique des Pères de l'Église, nous verrons Origène (1) déclarer que la croyance en la grande Année est inacceptable aux Chrétiens ; nous entendrons saint Augustin s'élever vivement, en la *Cité de Dieu* (2), contre une semblable doctrine. Mais le Paganisme ne paraît pas l'avoir révoquée en doute.

La période doit être la même, semble-t-il, pour le Monde incorruptible et pour le Monde corruptible ;

(1) Origenis Περὶ ἀρχῶν *libri*, lib. II, cap. III, 4-5. [Origenis *Opera omnia*, t. I. (PATROLOGIÆ GRÆCÆ accurante J. P. Migne, t. XI), coll. 192-193].

(2) D. Aurelii Augustini *De civitate Dei* lib. XII, capp. X, XI et XIII.

l'intervalle qui sépare deux déluges successifs ou deux embrasements successifs doit donc être égal à la grande Année qui ramène chacun des astres errants à occuper, par rapport au Ciel des étoiles fixes, la position qu'il occupait au début de cette Année. Au témoignage de Bérose, l'égalité de ces deux durées était formellement enseignée par les Chaldéens ; Censorin nous affirme qu'il en était de même chez les Grecs et les Latins. Toutefois, nous ne trouvons pas toujours, chez les Grecs et chez les Latins, d'indication absolument précise ; il nous est permis de penser cependant, qu'ils partageaient, dans la plupart des cas, l'opinion des Chaldéens ; il ne semble pas, en particulier, que nous en puissions douter en ce qui concerne Aristote, car tout son système concourt à justifier cette doctrine. Quant à Plutarque, à Chalcidius, à Proclus, ils partagent pleinement cette opinion chaldéenne. Le traité d'Astronomie attribué à Julius Firmicus est, d'ailleurs, le seul écrit où nous trouvions des propositions explicites qui lui soient contraires.

Comment cette opinion disparut-elle pour faire place à celle que nous avons rencontrée chez les Indiens instruits de l'Astronomie grecque ? Comment en vint-on à égaler entre elles la période qui régit les transformations du monde sublunaire et la période du mouvement d'occident en orient qu'Hipparque et Ptolémée avaient attribué à la sphère des étoiles fixes ? Nous ne pouvons le dire avec précision ; mais il semble probable que ce changement apporté à la doctrine de la périodicité du Monde fut l'œuvre propre des Indiens.

Massoudi nous apprend (1), en effet, que « la plupart des indigènes se représentent les diverses révolutions auxquelles le Monde est sujet sous l'image de cercles.

(1) Reinaud, *Mémoire sur l'Inde*, p. 328.

Ces révolutions, comme les êtres animés, ont un commencement, un milieu et une fin. »

Lorsque les Indiens connurent la très lente révolution qui entraîne les étoiles fixes et les apogées des astres errants, ils durent être naturellement conduits à lui confier le soin de régir l'alternance des continents et des mers à la surface de la Terre.

Cette opinion indienne se répandit ensuite chez les Arabes ; au prochain article, nous la verrons rejetée, après une minutieuse discussion, en ce traité *De elementis* que le Moyen Age a attribué à Aristote, mais qui est, de la manière la plus certaine, l'écrit d'un arabe soumis à l'influence de la Science indienne.

Le traité *De elementis*, comme autrefois Aristote, repousse la théorie selon laquelle les continents et les océans se transforment les uns en les autres par un continuel échange dont une révolution céleste marque la période. Mais au XIIe siècle, nous trouvons un astronome arabe qui admet la réalité de ces vicissitudes et les place sous la dépendance du lent mouvement propre de la sphère des étoiles fixes ; cet astronome est Al-Bitrogi. Nous avons entendu, en effet, Al Bitrogi invoquer ces vicissitudes (1) comme une preuve du mouvement propre de la huitième sphère : « La diversité des situations de cet orbe est encore prouvée par ce que l'on observe en ce monde inférieur au sujet des grands changements et des permutations de certaines choses particulières ; telles sont les permutations qui se produisent entre les terres habitables et les terres non habitables, entre les régions tempérées et les régions non tempérées ; il arrive parfois que l'air se purifie en certains lieux qui deviennent alors habitables, tandis qu'en d'autres lieux, l'air se corrompt, et ces lieux deviennent inhabitables ; de même, les eaux de la mer

(1) Alpetragii Arabi *Planetarum theorica*, foll. 7, verso, et 8, recto.

changent de place ; elles s'accumulent en certaines régions, tandis qu'en d'autres régions, on voit apparaître des contrées qui, jusqu'alors, avaient été couvertes par les eaux. Les choses de ce genre qui se montrent à nous, et d'autres analogues, nous témoignent que ces opérations sont produites par le changement de situation de l'orbe des étoiles ; assurément, elles ne proviennent pas du mouvement de quelque orbite planétaire, car elles seraient alors périodiques comme ce mouvement et se renouvelleraient lorsqu'il se renouvelle ; elles ont donc leur cause en l'orbite des étoiles fixes. »

Plus loin, Al Bitrogi disait (1) : « Il est possible que, de ce mouvement, proviennent les grands changements que l'on observe en ce monde inférieur, et ceux qui rendent inhabitables les régions qui étaient habitables et inversement. »

La doctrine indienne que Massoudi nous a fait connaître est donc pleinement adoptée par Al Bitrogi.

Les astrologues arabes avaient, semble-t-il, eux aussi, et bien avant Al Bitrogi, admis que les changements lents qui se produisent à la surface du globe terrestre sont sous la dépendance du mouvement propre des étoiles fixes ; nous en trouvons le témoignage dans les écrits d'Albumasar.

Abou Masar Gafar ben Muhammed ben Omar al Balhî, que la Scolastique latine a appelé Albumasar, florissait dès la première moitié du IXe siècle, puisqu'il mourut, plus que centenaire dit-on, en 886.

En son traité *Des grandes conjonctions*, qui eut une vogue extrême au Moyen Age et que Roger Bacon, en particulier, citait volontiers, Albumasar admet clairement (2) que le mouvement propre des étoiles fixes est

(1) Alpetragii Arabi *Planetarum theorica*, fol. 14, verso.

(2) *Albumasar de magnis coniunctionibus : annorum revolutionibus : ac eorum profectionibus : octo continens tractatus.* Colophon : Opus albuma-

une rotation, semblable à celle des planètes, achevée en 36 000 ans.

Parmi les autres écrits d'Albumasar, il en est un dont nous possédons une traduction abrégée faite, au milieu du XIIe siècle de notre ère, par Hermann le Second. Cette traduction est intitulée : *Introductorium in Astronomiam Albumasaris*.

En cet ouvrage, nous lisons (1) :

« Tout ce qui naît et meurt en ce Monde résulte du mouvement des signes et des étoiles [errantes] qui en est comme la cause efficiente... Les étoiles fixes président aux propriétés perpétuelles (2) et stables ou aux propriétés lentement variables des choses singulières. En effet, les orbes célestes, avec tous les astres, entourent ce Monde d'une circulation perpétuelle. Parmi ces astres, les étoiles fixent tournent d'un mouvement lent qui est presque le même pour toutes ; elles demeurent à la même distance du globe de la Terre. »

On voit que la pensée d'Albumasar est conforme à celle qu'Al Bitrogi expliquera d'une manière plus détaillée.

Les diverses opinions que nous venons de rapporter se souderont entre elles, au XIIIe siècle, dans l'esprit des Chrétiens d'occident ; elles y constitueront un corps de doctrine qui sera communément regardé comme l'enseignement de la Science antique. Ce corps de doc-

zaris de magnis coniunctionibus explicit feliciter. Impressum Venetijs Mandato et expensis Melchiorem *(sic)* Sessa *(sic)*. Per Jacobum pentium de Leucho. Anno domini 1515. Pridie kal. Junij. Tract. I, differentia I, cap. III, fol. sign. Aiiii, recto.

(1) *Introductorium in astronomiam Albumasaris abalachi octo continens libros partiales*. Colophon : Opus introductorij in astronomiam Albumasaris abalachi explicit feliciter. Venetijs : mandato et expensis Melchionis *(sic)* Sessa *(sic)* : Per Jacobum pentium Leucensem. Anno domini 1506. Die 5 Septembris. Regnante inclyto domini Leonardo Lauredano Venetiarum Principe. Lib. III, cap. I : De stellis fixis et planetis.

(2) Au lieu de *perpetuas*, le texte, très fautif, porte : *privatas*.

trine se résume en quelques propositions qui sont les suivantes :

1° La durée de la grande Année est de 36 000 ans.

2° En cette durée, s'accomplit la révolution propre de la sphère des étoiles fixes.

3° A la fin de la grande Année, tous les astres errants reprennent, dans le Ciel, la position qu'ils avaient au commencement.

4° L'état du Monde sujet à la génération et à la corruption est périodique ; la durée de sa période est égale à la grande Année.

Cette doctrine sera l'une des hérésies que l'Église aura alors à combattre.

VI

Introduction de la théorie de l'accès et du recès chez les astronomes indiens et arabes. — le **Liber de elementis.** — al battani.

Le temps d'Al Mamoun, auquel se rapporte la détermination de l'obliquité de l'écliptique qu'Al Fergani et Ibn Jounis nous ont fait connaître, paraît être aussi celui où la théorie de l'accès et du recès a sollicité l'attention des astronomes arabes.

« Parmi (1) les astronomes musulmans qui, au temps d'Al Mamoun, puisèrent dans les livres indiens, l'auteur du *Tarykh-al-Hokamâ*, cite Habasch, fils d'Abd-Hallah. Habasch composa trois tables astronomiques, qu'il intitula *canoun*, du mot grec κανών qui signifie *règle*... Suivant l'auteur du *Tarykh-al-Hokamâ*, bien

(1) Reinaud, *Mémoire géographique, historique et scientifique sur l'Inde, antérieurement au milieu du XIe siècle de l'ère chrétienne, d'après les écrivains arabes, persans et chinois.* (Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres, t. XVIII, 2e partie, 1849, p. 316).

que Habasch fût alors un partisan des idées indiennes plus zélé qu'il ne le fut plus tard, il ne laissa pas, en certains points, de s'éloigner des exposés de Mohammed-al-Fazary et de Mohammed-al-Karizmi. Ce fut ainsi que, voulant fixer avec plus de précision la place des étoiles en longitude, il emprunta à Théon d'Alexandrie l'idée du mouvement des signes du zodiaque en avant et en arrière. »

Influence indienne et influence grecque, telle est la double tendance qui, à partir de l'époque d'Al Mamoun, sollicite les astronomes arabes ; nous avons vu l'influence indienne se marquer dans les exposés que Masciallah et Al Fergani nous ont donnés de l'Astronomie de Ptolémée ; dans les recherches de Habasch sur le mouvement des étoiles fixes, nous voyons ces deux influences conduire à l'adoption du système de l'accès et du recès sous la forme même où Théon de Smyrne nous l'a fait connaître.

La lecture des livres indiens devait, en effet, conduire les astronomes arabes à adopter ce mouvement alternatif plutôt que la révolution, de sens invariable, qu'avaient adoptée Hipparque et Ptolémée.

Les astronomes indiens paraissent avoir connu, tout d'abord, le mouvement de précession de sens invariable que leur avaient révélé les écrits des Grecs (1), ceux d'Hipparque ou de Ptolémée ; mais, bientôt, ils abandonnèrent cette doctrine pour attribuer à la sphère des étoiles fixes un mouvement oscillatoire.

En sa toute première rédaction, le *Soûrya-Siddhânta* ne tenait peut-être aucun compte du phénomène de la

(1) Toutes les connaissances des Indiens sur la précession des équinoxes leur viennent de la Science hellénique (Th. H. Martin, *Mémoire sur cette question : La précession des équinoxes a-t-elle été connue avant Hipparque?* Ch. VI, §§ 1 à 4 ; pp. 150-178). — Les renseignements que l'on va lire, touchant la théorie de la précession des équinoxes chez les Indiens, sont empruntés à ce même mémoire, ch. VI, § 5, pp. 179-188.

précession des équinoxes (1). En tous cas, une rédaction ancienne ne connaissait qu'une précession de marche uniforme, dont la mention se trouve conservée en deux passages du traité (2) ; elle y est évaluée grossièrement et en nombres ronds à un degré en 60 ans.

La théorie de la marche oscillatoire de la sphère céleste a été introduite, après coup, en deux distiques du *Soûrya-Siddhânta*, lors de la rédaction définitive de l'ouvrage (3) ; cette rédaction qui est certainement, nous l'avons vu en l'article IV, antérieure à l'an 500, date vraisemblablement du IVe siècle de notre ère.

Tout en adoptant la théorie des astrologues grecs postérieurs à Hipparque, le *Soûrya-Siddhânta* apporte diverses modifications aux constantes du mouvement oscillatoire.

Pour les astrologues grecs, le centre du mouvement oscillatoire était l'étoile μ des Poissons ; le traité indien supposa (4) que le mouvement s'effectuait de part et d'autre de l'étoile ζ de la même constellation.

Les astrologues grecs s'étaient bornés à attribuer à la sphère céleste une oscillation de 8° de part et d'autre de la position moyenne ; une oscillation d'aussi faible amplitude ne pouvait expliquer (5) l'énorme déplacement que les points équinoxiaux avaient subi depuis l'époque reculée où les Indiens avaient commencé de dresser des calendriers ; ce déplacement approchait de 25°. Le *Soûrya-Siddhânta* donna (6) à la sphère des étoiles fixes une oscillation de 27° de part et d'autre de

(1) *The Soûriâ-Siddhânta translated by* Burgess *with notes of* Whitney ; New-Hawen, Connecticut, 1860. — Opinion soutenue par M. Whitney, pp. 100-105.

(2) *Soûrya-Siddhânta*, III, 9 et XII, 89. — Cf. Th. H. Martin, *loc. cit.*, pp. 180-181.

(3) *Soûrya-Siddhânta*, III, 10-12.

(4) *Soûrya-Siddhânta*, note de M. Whitney, p. 211.

(5) Th. H. Martin, *loc. cit.*, pp. 181-182.

(6) *Soûrya-Siddhânta*, III, 9-12 ; note de M. Whitney, pp. 100-105.

la position moyenne, en sorte que l'amplitude totale de l'oscillation fût de 54°.

Pendant un kalpa de 4 320 000 000 années, le *Soûrya-Siddhânta* compte (1) 600 000 oscillations doubles. Il admet d'ailleurs, comme l'avaient fait les astrologues grecs, qu'en ce mouvement oscillatoire de la sphère des étoiles fixes, la vitesse angulaire garde cependant une valeur absolue invariable. D'après ce que nous venons de dire, cette vitesse est de 54″ par an ou de un degré et demi par siècle.

Au VIe siècle Varâha-Mihira semble avoir adopté le système de l'accès et du recès tel que le propose le *Soûrya-Siddhânta ;* ce même système, et sous cette même forme, a été accepté, à la fin du XIe siècle, par Çatânanda (2).

D'autres astronomes, tout en admettant également l'hypothèse du mouvement alternatif des étoiles fixes, définissaient autrement que le *Soûrya-Siddhânta*, les constantes de ce mouvement. Aryabhata, dans l'*Aryâchtaçata*, et l'auteur du *Pârâçarî-Sanhitâ* font osciller (3) la huitième sphère de 24° de part et d'autre de sa position moyenne, ce qui donne à l'oscillation totale une amplitude de 48° ; ils admettent l'un et l'autre que chacune des deux rotations de sens contraires se fait avec une vitesse angulaire constante ; mais ils diffèrent au sujet de la valeur de cette vitesse ; Aryabhata compte 578 159 oscillations doubles (de 96°) par kalpa de 4 354 560 000 d'années sidérales, ce qui donne une marche de 45″53‴ par an ; selon le *Pârâçarî-Sanhitâ,* en un kalpa qui est sans doute évalué, comme en la plupart des traités indiens, à 4 320 000 000 années, il se produit 581 709 oscillations doubles, ce qui correspond à un déplacement de 46″32‴ par an.

(1) *Soûrya-Siddhânta*, III, 9-12 ; Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 185, particulièrement la note 1 au bas de la page.
(2) Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 185.
(3) Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 184.

Tandis qu'à partir du IVe siècle de notre ère, une foule d'astronomes indiens adoptent l'hypothèse de l'accès et du recès, quelques-uns demeurent fidèles à l'hypothèse, introduite par Hipparque, préconisée par Ptolémée, d'une précession invariablement dirigée d'occident en orient ; mais ceux-là sont bien rares.

Parmi eux, on cite (1) Vichnou-Tchandra, qui est antérieur à Brahma-Goupta, et qui vivait probablement au VIe siècle de notre ère. Après lui, nous ne trouvons guère que Moundjala qui vivait au Xe siècle, et Bhâscara, qui vivait au XIIe siècle.

Moundjala et Bhâscara comptent (2), 199 669 révolutions complètes des points équinoxiaux par kalpa de 4 320 000 000 années, ce qui donne une précession de 59″54‴ par an. En son traité *Carana-Coutoûahala*, Bhâscara porte la rotation de la huitième sphère à 1′ par an.

Mais Moundjala et Bhâscara n'appartiennent plus à l'époque où la Science indienne, transplantation de l'Astronomie hellénique, exerçait son influence sur la Science arabe ; au temps de Bhâscara, l'Astronomie de l'Islam a déjà commencé de répandre, à son tour, ses enseignements chez les brahmanes.

En la période où la Science naissante de l'Islam puise largement aux sources indiennes, les astronomes indiens sont presque unanimes à prôner le système de l'accès et du recès emprunté aux astrologues alexandrins ; seulement, ils varient beaucoup dans les évaluations nouvelles qu'ils ont proposées pour les constantes de ce mouvement. Les Arabes allaient donc être tentés, comme l'est Habasch, de reprendre purement et simplement le système décrit par Théon d'Alexandrie.

Les influences indiennes devaient, dans les contrées

(1) Th. H. Martin, *loc. cit.*, p. 180.
(2) Th. H. Martin, *loc. cit.*, p.185.

soumises à l'Islam, rencontrer des adversaires. C'est sans doute à l'un de ces adversaires qu'il faut attribuer un écrit, d'origine assurément arabe, que le moyen âge chrétien a pris pour une œuvre d'Aristote, et que les versions latines intitulent : *De elementis* ou *De proprietatibus elementorum* (1).

L'auteur du *De elementis* nous dit (2) que « parmi les auteurs de traités, certains croient que la mer a changé de place à la surface de la sphère terrestre, en sorte qu'il n'est pas de lieu en la terre ferme qui n'ait été autrefois au fond de la mer. » Comme le traité des *Météores* d'Aristote dont, visiblement, il s'inspire en maint endroit, l'auteur du *De elementis* rejette cette supposition, et pour la convaincre d'erreur, voici quelle est son argumentation :

S'il y avait échange périodique entre les océans et les continents, cette alternative régulière suivrait le cours de l'un des phénomènes périodiques que les astres nous présentent. Or ces phénomènes, même les plus lents, entraîneraient un déplacement si rapide des rivages que l'histoire nous apporterait des témoignages de ce déplacement.

Cela est évident de la révolution de la Lune qui parcourt le zodiaque en vingt-huit jours, des révolutions de Mercure ou de Vénus qui ne durent, selon notre auteur, que dix mois ; de la révolution du Soleil qui entraînerait dans la disposition des terres et des mers une permutation annuelle ; mais cela ne l'est pas moins des conjonctions planétaires dont les plus rares se reproduisent cependant au bout de quelques siècles.

(1) Nous citons cet apocryphe d'après l'édition des *Œuvres* d'Aristote qui porte ce colophon : Impræssum *(sic)* est præsens opus Venetiis per Gregorium de Gregoriis expensis Benedicti Fontanæ Anno salutifere incarnationis Domini nostri MCCCCXCVI Die vero XIII Julii. En cette édition, le *Liber de proprietatibus elementorum*, se trouve du fol. 464, au fol. 469, verso.

(2) *Liber de proprietatibus elementorum*, éd. cit., fol. 466 (marqué par erreur 366), verso.

Le *Liber de proprietatibus elementorum* termine son énumération par le plus lent de tous les phénomènes célestes (1) :

« Ou bien ce phénomène se produirait par suite du changement de l'orbe des étoiles fixes ; or cet orbe se déplace d'un degré tous les cent ans. La permutation considérée serait alors consommée en 36 000 ans ; c'est là la dernière ressource des auteurs qui admettent le retour périodique de la mer ; et c'est, en effet, l'avis qu'ils proposent.

» Or nous avons trouvé par raisonnement géométrique et par une opération de mesure que la circonférence de la terre était de 34 000 milles ; telle est la révolution que la terre ferme [et la mer] accompliraient en 36 000 ans. On trouverait donc, dans les villes qui sont voisines de la mer, que la mer s'approcherait d'elles [avec cette vitesse]. Ainsi en serait-il pour la ville d'Arin (2), pour la ville de Medeenel, pour la ville de Serendid (3) et pour les Iles de l'Or ; ces villes-là sont sur la mer de l'Inde. Il en serait de même des cités qui sont sur la mer Alepila et de la ville d'Agemon qui est sur la mer de Lamen (4) ; il en serait de même de l'Égypte et d'Alexandrie qui sont entre la mer Rouge et la mer d'Assem (5) ; il en serait de même des villes de Rome, de Byzance et de beau-

(1) *Liber de proprietatibus elementorum*, éd. cit., fol. 467 (marqué par erreur 369) recto et verso.

(2) Arin est le nom donné par les Arabes à l'antique ville indienne d'Oudjayanî ou Odjein, dans le Malva. Al Birouni dit : « Les astronomes ont fait correspondre la ville d'Odjein avec le lieu qui, dans le tableau des villes inséré aux tables astronomiques, a reçu le nom d'Arin, et qui est supposée sur le bord de la mer. Mais entre Odjein et la mer, il y a près de cent yodjanas. » (Reinaud, *Mémoire sur l'Inde*, p. 379.) — Au sujet d'Arin, v. ce *Mémoire*, pp. 367-399.

(3) Serendyb, altération de *Sinhala-dorúpa* (Ile du Lion), est le nom donné par les voyageurs arabes à l'île de Ceylan (Reinaud, *loc. cit.*, pp. 201 et 227).

(4) Lamen est le nom de l'Arabie ; la mer de Lamen est la Mer Rouge.

(5) La mer d'Assem est le nom arabe de la Méditerranée.

coup d'autres villes dont l'histoire remonte loin dans le passé.

» Or nous ne voyons pas que la mer ait jamais été plus proche ou plus éloignée de ces villes qu'elle ne l'est aujourd'hui ; rien de ce qui nous est parvenu de nos ancêtres dans les histoires des royaumes, rien de ce que nous avons des traités des savants qui ont écrit sur la mer et les pluies, ne nous montre que la mer ait été autrefois plus rapprochée ou plus éloignée de ces villes qu'elle n'est aujourd'hui. Ce que nous avons dit en ce traité entraîne donc la destruction manifeste et complète de la théorie qui supposait le changement de lieu de la mer à la surface de la terre ; l'erreur de ceux qui croyaient à ce changement est en évidence. »

L'auteur du *De proprietatibus elementorum* attribue à la précession des équinoxes la durée que lui a attribuée Ptolémée et non pas la période beaucoup plus courte qu'Al Battani proposera de lui donner. De l'hypothèse d'Al Battani, il ne dit pas un mot. Il est permis de supposer, d'après cela, qu'il écrivait avant cet auteur, c'est-à-dire, au plus tard, au début du xe siècle.

Or, avant d'exposer la loi du mouvement des étoiles fixes qu'il adopte après Ptolémée, le Pseudo-Aristote écrivait ceci : « Ou bien le phénomène en question est une conséquence de celui qu'enseignent les auteurs *Atalasimet* : L'orbe des signes a un mouvement d'accès de sept degrés suivi d'un recès de huit degrés ; par ce mouvement, il parcourt un degré tous les quatre-vingts ans. Le phénomène en question se reproduit donc tous les six cent quarante-trente-trois ans *(omnibus sexcentis annis et quadraginta triginta tribus)*. Ici je doute et cite cette opinion à titre d'exemple. »

Ce texte porte des marques non douteuses d'altération ; la plus frappante est fournie par les mots dénués de sens que nous avons cités en latin.

Albert le Grand, qui a commenté le *De proprietati-*

bus elementorum, les réduit à ceux-ci (1) : « *In 640 annis* ». Le mouvement se faisant à raison d'un degré en quatre-vingts ans, cette durée est celle que requiert un mouvement de 8°, et non l'oscillation complète, qui était cependant le phénomène visé par le livre du Pseudo-Aristote.

Albert attribue l'hypothèse qu'il examine « aux auteurs d'*Altasimec*, c'est-à-dire *Des images des signes*». Dès lors, ces auteurs du livre *Atalasimet* ou *Altasimec*, ne peuvent être que ces *auctores primi facientes imagines secundum Astronomiam Altasamec* dont nous a parlé Masciallah. Comme ce dernier les place avant Ptolémée, nous sommes amenés à supposer que ce sont les παλαιοὶ ἀποτελεσματικοί, les *anciens astrologues* cités par Théon d'Alexandrie.

Dès lors, il semble naturel d'user du texte de Théon pour corriger le texte, visiblement fautif, du *De proprietatibus elementorum ;* d'admettre qu'en celui-ci, le mouvement d'accès et le mouvement de recès devraient être tous deux de 8°, de supposer enfin qu'une faute de copiste a pu seule réduire à 7° l'amplitude du mouvement d'accès.

Ce n'est pas ainsi qu'Albert le Grand a compris l'hypothèse exposée par le *De proprietatibus elementorum*. « Les auteurs d'*Altasimec*, dit-il,... prétendent que la tête du Bélier s'écarte de l'équateur, tantôt vers le midi et tantôt vers le nord, sur un cercle dont les anciens ont évalué le diamètre à 15° ; de ces 15°, 7° correspondent au mouvement d'accès vers le nord, c'est-à-dire vers nous, tandis que 8° correspondent au mouvement de recès qui s'éloigne de nous vers le midi ; selon ces auteurs, le centre du petit cercle sur lequel se meut la tête du Bélier n'est pas sur l'équateur, mais

(1) B. Alberti Magni *Liber de causis proprietatum elementorum*, lib. I, tract. II, cap. III.

il se trouve à un demi degré au sud de l'équateur ;..... le mouvement de ce cercle est d'un degré en quatre-vingts ans ;... le phénomène qui en résulte devrait s'accomplir en six cent quarante ans. »

Doit-on croire qu'Albert le Grand possédait le texte qu'il nomme *Altasimec* et qu'il en a extrait cet exposé, où l'on peut, d'ailleurs, relever plus d'une contradiction ? N'est-il pas plus vraisemblable que cet exposé n'est qu'une interprétation des obscurités du *De proprietatibus elementorum*, interprétation malencontreusement guidée par une théorie bien distincte de celle qu'avait visée le Pseudo-Aristote, par la théorie de Thâbit-ibn Kourrah, à laquelle Albert fait d'ailleurs allusion en ce passage ?

Il nous semble qu'un mélange tout semblable d'opinions inspirées par les doctrines attribuées à Thâbit vient fausser un autre exposé de l'ancienne théorie de l'accès et du recès. Cet exposé se trouve en un livre (1) composé, pendant la première moitié du XIIe siècle, par un juif espagnol, Rabbi Abraham bar Hiyya. « Les sages de l'Inde, dit Abraham bar Hiyya, tous les habitants des pays latins, et les plus anciens parmi les savants chaldéens n'ont eu, au sujet des étoiles fixes, pas d'autre opinion que celle-ci : Les étoiles ne parcourent pas tout le ciel ; elles parcourent seulement huit degrés du zodiaque tantôt en avant et tantôt en arrière, d'abord vers l'orient, puis vers l'occident. Selon eux, la cause de ce mouvement est la suivante : Le pôle de l'écliptique tourne de l'orient vers l'occident suivant un petit cercle ayant pour diamètre huit degrés du zodiaque. Ce pôle parcourt le cercle en question en

(1) *Sphaera mundi auctore* Rabbi Abrahamo Hispano filio R. Haijae. Osw. Schreckenfuchsius *vertit in linguam Latinam*, Seb. Munsterus *illustravit annotationibus ;* Basileæ, 1546, cap. X, pp. 153-200 du texte hébreu. La traduction latine de ce passage manque. Nous l'empruntons à une note de M. Nallino in : Al Battani *Opus astronomicum,* Mediolani, 1903 ; Pars I, p. 302.

1600 ans. Certains savants ont cru que le mouvement circulaire du pôle obligeait les étoiles fixes à parcourir tout le Ciel, parce que ce secret ne leur avait pas été manifesté et qu'ils ignoraient le mouvement du pôle de l'écliptique, grâce auquel les étoiles fixes se meuvent d'occident en orient pendant 800 ans, pour rétrograder ensuite vers leur première position, c'est-à-dire vers l'occident, et reprendre leur situation primitive au bout de 1600 ans. »

Il est clair qu'Abraham bar Hiyya ne nous rapporte là l'exacte opinion d'aucun astronome ; ce qu'il nous présente n'est qu'un mélange confus où l'on peut démêler les réminiscences de trois théories distinctes : L'opinion des anciens astrologues, qui imprime aux étoiles un accès de 8°, suivi d'un recès du même nombre de degrés ; l'opinion de Ptolémée qui attribuait au mouvement de précession une vitesse de 1° en cent ans ; enfin l'opinion, beaucoup plus récente, que nous verrons attribuer à Thâbit, où se rencontre un tel petit cercle de diamètre un peu supérieur à 8°.

Si cette interprétation des dires d'Albert le Grand et d'Abraham bar Hiyya est exacte, les Arabes qui ont vécu au temps d'Al-Mamoun ou peu après ce kalife, n'auraient connu qu'une seule théorie de l'accès et du recès, celle qu'a mentionnée Théon d'Alexandrie. C'est en effet, nous l'allons voir, la seule à laquelle Al Battani fasse allusion.

Le grand ouvrage astronomique d'Al Battani renferme un chapitre, le cinquante-deuxième (1), qui importe extrêmement à l'histoire de l'hypothèse de la trépidation.

Ce chapitre a pour objet, nous dit le titre, de faire connaitre « ce que prétendent les astronomes, à savoir

(1) Al Battani sive Albatenii *Opus astronomicum*, latine versum, adnotationibus instructum Carolo Alphonso Nallino ; pars prima, Mediolani Insubrum, 1903 ; pp. 126-128.

que la sphère céleste a un mouvement tantôt direct et tantôt rétrograde, et de montrer que cet avis est manifestement erroné. »

Al Battani s'y exprime en ces termes : « Ptolémée nous conte, en son livre, que des astrologues ont attribué à la sphère céleste un mouvement lent, qui parcourt 1° en quatre-vingts ans ; qu'ils ont prétendu que ce mouvement se poursuivait dans le sens direct jusqu'à 8°, et qu'il rétrogradait ensuite. Ils voulaient signifier par là que ce mouvement parcourait 8° de l'écliptique de l'occident vers l'orient, comme le fait le mouvement des étoiles errantes (1) ; puis, qu'il décrivait de nouveau 8°, en sens contraire du précédent, c'est-à-dire de l'orient vers l'occident. S'il en est ainsi, le premier de ces deux mouvements, celui qui va de l'occident vers l'orient, doit procéder du mouvement des étoiles fixes ; mais cela ne put se faire, à moins que [l'orbe des étoiles fixes] ne soit poussé par un autre corps, ou que les étoiles fixes ne se meuvent elles-mêmes en cet orbe, car un même corps ne peut être simultanément doué de deux mouvements en sens opposés.

(1) Le texte porte : « Comme le fait le mouvement des étoiles fixes. *Ut est motus stellarum fixarum.* » Il nous semble qu'il y a là une erreur, et que cette erreur doit être corrigée comme nous l'avons fait, si l'on veut donner un sens net au raisonnement qui suit. Delambre, conservant la leçon : *Ut est motus stellarum fixarum*, croit qu'elle a trait au mouvement uniforme admis par Hipparque et par Ptolémée. « Théon nous avait laissé dans le doute si les auteurs qui croyaient un mouvement alternatif, admettaient pareillement un mouvement uniforme et constant, au lieu que l'auteur arabe nous dit que ce mouvement se combinait avec le mouvement uniforme de précession. C'est même la raison pour laquelle il le rejette, car dans la moitié du tems, les deux mouvemens se faisaient dans des sens contraires. Or Albategnius déclare positivement qu'un corps unique ne peut avoir, en même tems, deux mouvemens opposés. » (Delambre, *Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, p. 54). Or Al Battani dit formellement que c'est « le premier mouvement, celui qui va de l'occident vers l'orient », qui est en sens contraire du mouvement des étoiles fixes ; par ce dernier, il entend donc le mouvement diurne, et non le mouvement d'occident en orient admis par Hipparque et Ptolémée. Il est vrai que son raisonnement conclut alors aussi bien contre ce dernier mouvement qu'à l'encontre du mouvement d'accès et de recès.

» Ces astrologues prétendaient donc que le mouvement progressif avait pris fin 128 années égyptiennes avant le règne d'Auguste, c'est-à-dire en l'an 166 de l'ère d'Alexandre de Macédoine ; à partir de cette année-là, il fallait, tous les 80 ans, retrancher un degré jusqu'à ce qu'on ait atteint la limite de 8° ; le reste devait être ajouté au mouvement direct des étoiles ; 8° se trouvant de nouveau parcourus de la sorte, ce qui surpassait 8° devait être ajouté à la longitude jusqu'à ce qu'on ait épuisé 8° ; puis on devait revenir à la précédente opération. »

On reconnaît sans peine en ce passage non pas ce qui se lit au livre de Ptolémée, comme Al Battani le dit par une erreur évidente, mais ce que Théon d'Alexandrie nous a conté en son *Commentaire aux tables manuelles*.

Al Battani remarque fort justement qu'une semblable hypothèse pouvait peut-être se défendre alors que les observations astronomiques n'embrassaient qu'un petit nombre de siècles ; mais qu'à l'époque où il écrivait, on ne pouvait plus soutenir que le déplacement apparent des points équinoxiaux changeât de sens tous les 840 ans. « Tous ces déplacements, dit-il, croissent depuis le temps de Nabonassar. Cette remarque réduit à néant tout ce que ces astrologues ont dit du nombre de degrés qui mesure l'amplitude de ce mouvement, et de son sens alternativement direct et rétrograde. »

Tout en rejetant l'hypothèse de l'accès et du recès, il s'en faut bien qu'Al Battani regarde comme entièrement fondée et exempte de difficulté, la théorie de la précession que Ptolémée a formulée.

« Cet accroissement, dit-il, s'accélère ou se retarde sans que nous lui voyions suivre aucune loi. En effet, en 300 ans environ, Ptolémée ajoute un seul jour à la détermination d'Hipparque ; et nous, 750 ans plus tard

environ, nous ajoutons à peu près quatre jours et demi à la détermination de Ptolémée, en sus du jour qu'il avait ajouté à celle d'Hipparque.

» Cela peut provenir des erreurs qui se sont glissées par l'intermédiaire d'instruments mal divisés ou que le temps avait faussés ; alors, ces erreurs altèrent aussi, après un laps de temps prolongé, nos propres observations ; car ce que nous avons mesuré en nos observations, nous l'avons rapporté à ces anciennes déterminations.

» Cela peut provenir au contraire de quelque mouvement de la sphère céleste, mouvement dont pas plus que nos prédécesseurs, nous ne savons ni quel il est ni s'il est ; dans ce cas, pour découvrir la vérité, il faut faire des observations d'une manière continue, et corriger les anciennes déterminations au moyen de celles qui auront été obtenues ultérieurement, de même que ceux qui sont venus avant nous ont corrigé les observations de leurs prédécesseurs.

» Voici, du moins, l'opinion que nous pouvons adopter à juste titre, d'après les observations déjà faites : Ptolémée, d'après ce que l'on avait fait avant lui et d'après ses propres observations, avait déclaré que ce mouvement atteignait 1° en cent ans. Mais entre les observations de ses prédécesseurs et les siennes, le temps écoulé, qui était de 200 ans, était trop court pour qu'il fût possible de connaître exactement la variation produite par ce mouvement. Au contraire, entre l'époque de Ptolémée et nos observations, il s'est écoulé un long espace de temps, aussi avons-nous trouvé que ce mouvement était plus rapide et qu'il parcourait 1° en 66 années solaires. »

Ptolémée avait cru le mouvement de précession trop lent ; Al Battani lui attribue une trop grande rapidité. La grandeur qu'il suppose à ce mouvement avait, d'ail-

leurs, été proposée avant lui par d'autres astronomes arabes.

As Soufi (1), qui mourut en l'an 986 de notre ère, nous apprend que les astronomes d'Al Mamoun pensaient déjà que le mouvement de précession atteignait 1° en 66 ans. Habasch et les fils de Mousa ibn Shakir ont adopté également cette évaluation (2). En cette évaluation, il nous faut voir, sans doute, une marque de l'influence exercée par l'Astronomie indienne sur l'Astronomie musulmane.

(A suivre) P. Duhem.

(1) *Description des étoiles fixes composée au milieu du dixième siècle de notre ère* par Abd-al-Rahman al Sûfi ; *traduction littérale avec des notes* par H. C. F. C. Schjellerup, St Petersbourg, 1874 ; pp. 33 et 42.

(2) Al Battani *Opus astronomicum*, éd. Nallino, t. I, p. 292. (Note de M. Nallino).

LA VALENCE CHIMIQUE [1]

(Suite)

Théorie de Werner

L'affinité atomique est une force attractive qui a son origine au centre de l'atome de forme sphérique et qui s'épanouit uniformément sur toute sa surface : la valence comme force vectoriale ne préexiste pas dans l'atome. La valence est un simple rapport numérique : elle varie avec la nature des atomes combinés et avec les conditions physiques qui président à la combinaison.

Werner distingue deux genres de valence : les valences principales et les valences secondaires. Les valences principales de Werner correspondent à nos valences ordinaires : la valence principale d'un élément est donc mesurée par le nombre d'atomes d'hydrogène ou de groupements atomiques équivalents qui peuvent s'y combiner. Des atomes ou des radicaux tels que — Cl, — Na, — NO_2, — CH_3 . . . etc., peuvent être liés par des valences principales : ces atomes ou ces radicaux peuvent ou non subir la dissociation électrolytique. Les combinaisons formées par la mise en action de valences principales sont des combinaisons de premier ordre.

(1) Voir la Revue des Questions scientifiques 3e série, t. XXI, 20 janvier 1912, pp. 125-163.

Dans ces combinaisons, l'un ou l'autre atome ou radical peut avoir un reste d'affinité non saturé ; il peut y avoir une composante de l'affinité inemployée. Werner voit donc, dans l'ensemble des dérivés saturés, des dérivés non saturés.

En raison de leurs affinités libres, les combinaisons de premier ordre peuvent se combiner entre elles au moyen de valences secondaires. On pourrait donc définir ces valences secondaires en disant qu'elles résultent d'un reste d'affinité qui tend à provoquer la liaison stable de radicaux qui peuvent exister comme molécules. Des radicaux tels que : . . . OH_2, . . . NH_3, . . . ClK, ... Cr Cl_3 . . . etc., peuvent être liés par des valences secondaires.

On désigne par un trait les liaisons qui se font par des valences principales, par un pointillé celles qui correspondent aux valences secondaires ; on aura par exemple NH_3 . . . ClH.

Les valences principales et secondaires sont à des degrés différents la manifestation d'une même force chimique, l'affinité ; il n'y a pas entre elles de différence essentielle et il y aura entre les deux cas extrêmes tous les degrés intermédiaires.

La valence principale est variable, mais il existe pour chaque élément une valence maximum qui est la résultante de l'affinité des atomes combinés et des conditions physiques dans lesquelles la combinaison s'est faite. Il en est de même pour la valence secondaire.

La valence principale peut être ionogène, la valence secondaire ne l'est jamais.

Werner montre d'abord la nécessité d'admettre dans la majorité des cas des formules à noyau, formules centriques, remplaçant les formules à chaîne incapables d'expliquer de nombreux phénomènes.

Cela étant, si l'on se représente un certain nombre d'atomes liés à un atome central soit par des valences

principales soit par des valences secondaires, il est sûr en raison de la place qu'ils prennent, qu'ils ne pourront pas tous se trouver en combinaison directe avec l'atome central. On aura une première sphère correspondant aux atomes en combinaison directe avec l'atome central. et une seconde sphère circonscrite à la première qui renferme les atomes liés aux atomes de la première sphère.

Le nombre d'atomes de la première sphère est appelé nombre coordonné ou indice de coordination : dans certaines combinaisons le nombre coordonné maximum est atteint, ce sont les combinaisons coordinativement saturées.

Le nombre coordonné maximum d'un atome se détermine par l'étude de la constitution de combinaisons appropriées : on détermine le nombre maximum d'atomes, radicaux ou groupes qui lui sont directement liés : on se sert en général soit des complexes ammoniacaux, soit d'hydrates, etc.

Pour un grand nombre d'éléments le nombre coordonné maximum est six. Pour le carbone il n'est que quatre et correspond ainsi à sa valence principale.

Le chiffre coordonné maximum est encore quatre pour le Bore et l'Azote, deux éléments très voisins du carbone.

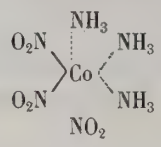
Pour certains éléments le chiffre coordonné peut monter jusqu'à huit : les produits d'addition de l'ammoniaque aux chlorures alcalino-terreux en sont un exemple :

$$CaCl_2 . 8NH_3.$$
$$SrCl_2 . 8NH_3.$$
$$BaCl_2 . 8NH_3.$$

L'application de la théorie de Werner à une série de sels complexes ammoniacaux, la série des Cobaltamines, a donné des résultats vraiment remarquables.

Werner distingue deux sortes de combinaisons d'addition : les combinai-

sons d'addition où le radical ajouté est simplement annexé à la molécule préexistante : ainsi $Co(NO_2)_3$ peut former théoriquement avec l'ammoniaque trois combinaisons d'addition avec une, deux et trois molécules d'ammoniaque. Au composé à trois molécules d'ammoniaque Werner assigne la formule :

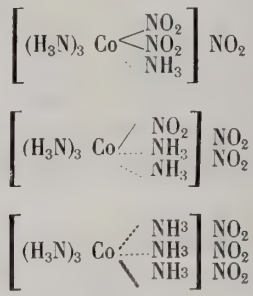


où les six groupes attachés par des valences principales et des valences secondaires se trouvent dans la première sphère d'action du cobalt et dès lors ne sont pas dissociables. Faisant agir l'ammoniaque sur ce dérivé on obtient successivement :

$$(H_3N)_3\ Co(NO_2)_3,\ NH_3$$
$$(H_3N)_3\ Co(NO_2)_3,\ 2NH_3$$
$$(H_3N)_3\ Co(NO_2)_3,\ 3NH_3$$

Chaque nouvelle molécule d'ammoniaque déplace un groupe NO_2 vers la seconde zone de combinaison et prend sa place dans la première zone de combinaison.

En inscrivant entre parenthèses les atomes et radicaux de la première sphère de combinaison on aura les formules que voici :



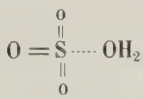
Les combinaisons d'addition ainsi obtenues portent le nom de combinaisons d'inclusion (Einlagerungs-verbindungen). Elles sont caractérisées par leur conductivité électrique : partant de la combinaison $(H_3N)_3\ Co(NO_2)_3$ où elle est négligeable, la conductivité augmente successivement jusqu'à la combinaison tri-substituée où elle atteint son maximum en raison de la dissociation de la molécule en $3NO_2^-$ et

$$\left[(H_3N)_3\ Co\ \vdots\vdots\ (NH_3)_3\right]^{+++}$$

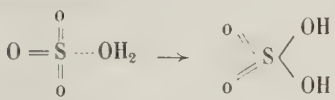
On a des interprétations analogues pour les sels de platinamines, pour les dérivés à plusieurs noyaux... etc., et en général les formules proposées

cadrent bien avec les propriétés physiques, notamment avec les données de la conductivité électrique.

L'application de la théorie de Werner aux hydrates est également intéressante : l'association de deux combinaisons de premier ordre se fait par la saturation mutuelle des valences secondaires. Lorsque SO_3 se dissout dans l'eau, il forme une combinaison d'addition :

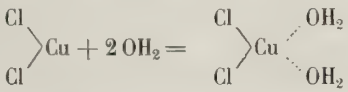


Dans le cas où la molécule à laquelle s'est faite l'addition renferme des atomes doublement liés, les produits d'addition peuvent se transformer en combinaisons à valence ordinaire.

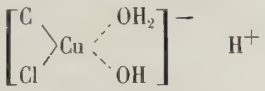


Ces transpositions ultérieures ne sont pourtant pas nécessaires et si la saturation des valences secondaires suffit à la stabilité du composé d'addition, il subsistera comme tel. Cette transposition n'est en tous cas qu'un phénomène secondaire.

L'addition d'eau au chlorure cuivrique se fait ainsi :



dans certains cas ce composé peut se dissocier et présenter une réaction acide :



Un grand nombre d'hydrates sont des combinaisons d'inclusion ; voici quelques exemples :

$[Ni(OH_2)_6]Cl_2$ $[Co(OH_2)_6]Cl_2$ $[Zn(OH_2)_6]Cl_2$ $[Mg(OH_2)_6]Cl_2$... etc.

Il y a d'autres hydrates plus riches en eau, qui ne renferment pas six, mais deux fois six molécules d'eau. Werner admet que l'eau polymérisée $(H_2O)_2$ peut également former des hydrates : de cette façon le chiffre coordonné six n'a pas varié. Dans les hepta-hydrates il admet que la septième molécule d'eau est fixée au résidu acide. Dans $CuSO_4$ 5 aq, le chiffre coordonné serait quatre et une molécule d'eau serait associée au radical acide (1).

La théorie de Werner est encore féconde en application de tous genres : il

(1) Comparer à ce sujet : E. Feytis, *Étude magnétique de quelques sels solides. — Rôle de l'eau de cristallisation.* Extrait PROCÈS-VERBAL DE LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE PHYSIQUE. Séance 25 octobre 1911.

est utile de rappeler les services qu'elle a rendus dans l'étude de l'isomérie de l'espace ainsi que dans l'étude du phénomène appelé isomérie de la valence.

Soit encore l'exemple des colbaltamines : en leur attribuant une formule plane on ne peut expliquer l'existence des différents isomères connus : la représentation dans l'espace au contraire permet de vérifier tous les faits. On place les six atomes ou groupes de la première zone de combinaison autour de l'atome central aux six sommets d'un octaèdre régulier. On voit alors aisément qu'un sel de cobaltihexamine ne peut exister que sous une variété ; il en est de même pour les dérivés acido-pentaminiques. Pour les tétra-amines on a deux formules qui correspondent aux deux variétés connues... etc.

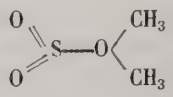
Dans un assemblage moléculaire donné un groupe peut être lié à l'atome central, soit par une valence principale, soit par une valence secondaire : il en résulte de nouveaux isomères. C'est ce phénomène que Werner appelle isomérie de la valence. Voici des faits qui s'y rapportent et sont tirés de travaux de Jörgensen (1) : les rhodo- et érythro-cobaltamines ne se différencient que par la nature de la valence qui relie les groupes latéraux à l'atome central.

Le premier est neutre, le second fortement acide : en chauffant l'érythro-bromure à 100° il se transforme en rhodobromure.

Les rhodosels peuvent donner par un traitement approprié les rhodobases, qui ont un caractère alcalin très prononcé et se transforment lentement en érythro-sels qui sont neutres.

Un fait plus simple qui se rapporte à l'isomérie valence est donné par les différents éthers de l'acide sulfureux. On connaît depuis longtemps les deux isomères :

Briner et Cardoso et plus récemment Baume, ont décrit un isomère différent des deux premiers et que l'on pourrait représenter ainsi :



Werner a réussi à ranger dans sa théorie les individus chimiques à caractères les plus différents : il est parvenu de plus à révéler entre eux des relations nou-

(1) Journ. prakt. chem. (2) 25. 321. 398. — (2) 45. 279.

velles : Sa théorie est très fructueuse surtout pour les combinaisons dites moléculaires.

L'auteur cependant continue à ranger ces combinaisons moléculaires dans un cadre spécial : il établit même une division très marquée entre elles et les combinaisons atomiques, et cependant l'ensemble de leurs propriétés physiques et chimiques n'autorise pas cette division. D'autres objections encore peuvent être faites. Soit un des exemples les plus simples donnés par Werner, celui du chlorure d'ammonium ; il ne lui attribue ni la formule $Cl\text{-}NH_4$, ni NH_3 H Cl, mais bien H_3 N... H Cl : la dissociation de l'atome de chlore et la facilité de décomposition en ammoniaque et en acide chlorhydrique sont bien mises en évidence par cette formule. Mais comme le remarque Friend (1) l'azote y est tétravalent et l'hydrogène bivalent, de plus les atomes d'hydrogène ne sont pas liés de la même façon à l'azote, ce qui nous conduirait à leur attribuer des propriétés différentes ; or V. Meyer (2) en a prouvé l'identité.

Arrhénius (3) fait l'observation suivante : si on remplace dans le chlorure d'ammonium, l'acide chlorhydrique par l'acide acétique, le degré de dissociation de cet acide faible augmente considérablement : dans le mode de représentation de Werner on en voit difficilement la raison.

Friend (4) remarque encore que l'hydroxyde de tétraméthyl-ammonium serait d'après Werner une base très faible, puisqu'elle résulterait de l'addition de la triméthylamine à l'alcool méthylique qui est aussi peu dissocié que l'eau.

De plus, le mécanisme de la mise en action des valences secondaires ne se conçoit pas aisément.

(1) *Theory of Valency*, p. 121.
(2) Ann. chem. 180, 173, Ber 8, 233.
(3) *Theorien der Chemie*, Leipzig 1906.
(4) Voir plus loin, valence du carbone.

Lorsque l'atome Me entrant dans une combinaison Me X se trouve déjà lié à d'autres groupements qui modifient son affinité, il se ferait que le radical X, n'ayant pas son affinité complètement saturée, cherche à la satisfaire en mettant en action des valences secondaires et en formant des combinaisons moléculaires.

Werner cite le cas de SCl_4, $SeCl_4$, PCl_5, PBr_5 qui se combinent en multiples proportions à une série de dérivés halogénés.

Remarquons cependant que les composés cités, du moins les deux derniers, sont eux-mêmes des composés moléculaires dont on cherche à expliquer la constitution.

Werner rappelle des phénomènes analogues pour les combinaisons organiques et il prend comme principal exemple les dérivés du triphénylméthane ; le chlorure par exemple forme de nombreuses combinaisons d'addition. Werner l'explique en admettant que l'affinité du chlore ne se trouve pas entièrement satisfaite, les trois groupes « phényl » ayant accaparé une trop grande part de l'affinité du carbone.

Cette interprétation est en contradiction avec la théorie de l'identité des quatre unités d'action chimique du carbone.

Théorie de Spiegel (1)

Les éléments qui outre leurs valences ordinaires peuvent encore mettre en action deux valences supplémentaires, ne les saturent en général pas par des atomes ou des radicaux de même signe. Pour s'en convaincre il suffit de considérer les composés azotés ou oxygénés. Ce qu'il y a de caractéristique pour ces combinaisons à oxygène bivalent ou à azote trivalent, c'est qu'elles ne

(1) Zeit. anorg. chem. 29, 365.

présentent pas les caractères des composés non saturés qui tendent toujours à saturer leurs affinités libres. En raison de cela, Spiegel les considère comme des radicaux chargés électriquement qui diffèrent cependant des ions, où les valences actives sont saturées par des électrons ; ces radicaux sont électriquement indifférents, parce que les deux valences supplémentaires ou valences neutres sont saturées par des électrons de signe contraire. L'eau sera donc représentée par la formule

$\oplus - H_2O - \ominus$ et l'ammoniaque par $\oplus - NH_3 - \ominus$.

La réaction de l'ammoniaque avec un ion positif donne, après élimination de l'électron négatif, l'ion basique :

$$NH_3H - \oplus.$$

On peut expliquer aussi pourquoi l'eau ou l'ammoniaque peuvent s'ajouter à certains atomes métalliques sans modifier leurs charges.

Dans le complexe :

$$Ca\left\langle\begin{matrix} NH_3 \oplus \\ NH_3 \oplus \end{matrix}\right.$$

les deux électrons positifs de l'ammoniaque sont rendus plus actifs par suite de l'élimination des électrons négatifs, et le nouvel ion est très analogue à celui du Calcium.

D'autres éléments possèdent également ces paires d'affinités neutres. La formation des complexes platiniques tels que K_2PtCl_6 peut s'expliquer en représentant le tétrachlorure par le schema que voici :

$$\begin{matrix} \oplus - & & -Cl \\ \oplus - & Pt & -Cl \\ \oplus - & & -Cl \\ \oplus - & & -Cl \end{matrix}$$

Arrhénius (1) a développé des vues analogues : ses doubles valences électriques correspondent aux affinités neutres de Spiegel.

Théorie d'Abegg

Abegg cherche à supprimer la division arbitraire qui a été établie entre composés atomiques et composés moléculaires.

Les composés moléculaires ont été séparés des composés atomiques, parce que leur composition ne peut s'expliquer au moyen des valences généralement admises pour les éléments qui les constituent ; ces composés se scindent facilement, par exemple sous l'action de la chaleur, de telle sorte qu'on y a admis des forces de liaison très faibles et différentes des affinités atomiques.

Cette division présente deux grands défauts : d'abord on n'y tient aucun compte du passage graduel des affinités fortes aux affinités faibles, qui est cependant très caractéristique dans de nombreux cas, par exemple dans la série des hydrures halogénés ; ensuite cette division est inutile parce que la valence mise en action par un élément dans les conditions ordinaires ne représente pas toujours sa valence maximum.

Il faut donc chercher à supprimer cette division superflue.

Il faut abandonner l'hypothèse de la valence constante qui a pourtant rendu tant de services, surtout dans la systématique des composés organiques ; il faut admettre que la valence peut varier avec les conditions extérieures, température et pression, et avec la nature des éléments considérés.

(1) Zeit. anorg. chem. 39, 331, et Scientia, 8, XV, 3.

On peut ainsi expliquer toutes les combinaisons, mais ce sera pourtant un essai purement descriptif si on ne cherche à trouver les raisons de la variation de la valence.

Ces raisons peuvent être trouvées en se basant sur le système périodique de Mendeleeff.

Si on admet que les combinaisons les plus oxygénées donnent la valence maximum des éléments, celle-ci concordera presque toujours avec le numéro d'ordre auquel ils appartiennent.

1	2	3	4	5	6	7
Na_2O	$Ca\,O$	Al_2O_3	CO_2	N_2O_5	SO_3	Cl_2O_7

Au contraire, la valence par rapport à l'hydrogène diminue graduellement depuis le groupe 4 jusqu'au groupe 7.

La saturation des valences d'un élément dépend donc de la nature de l'élément avec lequel il se combine.

L'électro-valence d'un élément, c'est-à-dire la valence de son ion est toujours égale ou plus petite que le numéro du groupe auquel il appartient, il n'y a d'exception que pour Cu, Ag et Au. Dans le cas où un élément présente différentes électro-valences, l'affinité des valences supérieures est toujours plus faible que l'affinité des premières (1), les tonalités thermiques le prouvent.

Il est logique d'admettre que toutes les valences d'un élément avant leur mise en action sont également fortes mais que la saturation des premières valences affaiblit les suivantes. Ce phénomène est analogue à celui que présentent les acides polybasiques dissymétriques. Si un atome possède une valence maximum très élevée, dans l'espace, les valences seront plus rapprochées et dès lors plus fortement affaiblies par la saturation des premières.

(1) Abegg et Bodländer : Zeit. anorg. chem. 20, 496.

Dans certains cas il y a, entre les affinités des différents étages de saturation, des variations énormes ; il est possible par exemple de préparer $Fe\,Cl_2$ exempt de $Fe\,Cl_3$ et pourtant le chlore doit se partager proportionnellement aux constantes d'affinité respectives des valences du fer.

Tous les éléments ont deux sortes de valences : une valence électro-positive et une valence électro-négative.

La valence positive des éléments négatifs (valence par rapport à l'oxygène) est variable, mais leur valence électro-négative (par rapport à l'hydrogène) est assez constante. La valence positive des éléments électro-positifs est également assez constante dans les trois premiers groupes.

La somme de la valence positive maximum et de la valence négative maximum est toujours égale à huit, et la valence positive maximum correspond pour chaque élément au numéro d'ordre de son groupe.

C'est la nature de l'élément avec lequel un atome se combine qui détermine la mise en action de l'un ou de l'autre genre de valences : la saturation d'une espèce de valence affaiblit l'autre sans cependant l'éliminer complètement.

Pour n'importe quel élément la valence plus petite que 4 est la valence normale, la valence plus grande que 4 est une valence plus faible de polarité inverse que l'on appelle contre-valence.

Le Cl a une valence positive et sept valences négatives, l'Ag a une valence normale et sept contre-valences (hypothétiques).

En se basant sur ces considérations on peut établir pour le système périodique le tableau que voici :

Valence	1	2	3	4	5	6	7
normale	+1	+2	+3	+4	−3	−2	−1
contre-valence	−7	−6	−5	−4	+5	+6	+7

Il est possible ainsi sans hypothèses ultérieures d'expliquer parfaitement la composition des combinaisons moléculaires.

Ces combinaisons peuvent être divisées en deux groupes :

1° les molécules associées sont de même nature : polymères.

2° les molécules associées sont de nature différente : combinaisons moléculaires proprement dites.

La polymérisation résulte du fait que la molécule renferme des éléments dont la valence maximum n'est pas saturée. Toutes les molécules polymérisées contiennent un ou plusieurs éléments des groupes à valence élevée du système périodique.

Plus un élément est situé à droite dans le système périodique, plus la tendance d'association de la molécule qui le contient est grande : en effet les affinités des contre-valences n'ont une valeur notable que dans la partie droite du système périodique.

Voici quelques exemples de corps associés soit à l'état gazeux soit en dissolution :

H_2O,	NO_2,	P_2O_3,	As_2O_3,	Sb_2O_3,	SO_3,	HFl
HgCl	$SnCl_2$	CuCl	Al Cl_3	$FeCl_3$		

Dans H_2O, l'oxygène a encore six contre-valences libres. Dans NO_2 il a encore une valence normale libre et plusieurs contre-valences.

Dans $(Fe\ Cl_3)_2$ on peut admettre que l'association se fait au moyen d'une contre-valence négative du fer saturée par une contre-valence positive du chlore de l'autre molécule.

Combinaisons moléculaires proprement dites.

A l'état gazeux il n'en existe qu'un très petit nombre : $(CH_3)_2$ OHCl, PCl_3Cl_2, $POCl_3$ et les sels des radicaux PH_4 et NH_4.

Toutes ces combinaisons moléculaires s'expliquent très bien par des contre-valences. Le chlorhydrate d'ammoniaque, par exemple, aura la constitution que voici :

$$\begin{matrix} H + - \\ H + - \\ H + - \end{matrix} N \begin{matrix} + - H \\ + - Cl \end{matrix}$$

Ce complexe se rompt facilement en N + — H à cause de l'affinité très faible de la contre-valence négative de l'hydrogène.

Les combinaisons moléculaires telles que :

Hydrates cristallins, ammoniacates, acoolates, benzolates, combinaisons doubles de sels haloïdes métalliques faibles tels que As Cl_3, Au Cl_3, Pt Cl_4, Mo Cl_4, Bi Cl_3, Fe Cl_3, avec des sels haloïdes métalloïdiques tels que SCl_4, PCl_3, PCl_5, NOCl... etc., s'expliquent de la même façon.

Il semble intéressant de signaler ici la formule de Martin qui proposée quelques années avant la théorie d'Abegg se trouve en conformité complète avec elle.

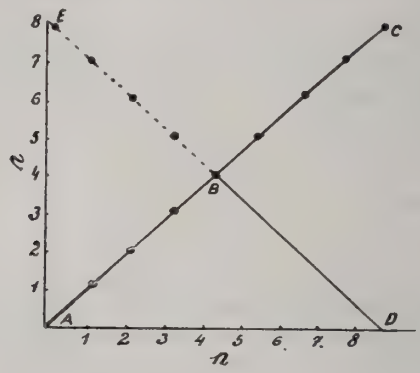
La formule de Martin (1), donnant les valences d'un

(1) Chem. News, 86, 64.

élément en fonction de la place qu'il occupe dans le système périodique, est de la forme :

$$(v^2 - n^2) - 8(v - n) = 0$$

où v désigne la valence et n le numéro d'ordre de la série verticale qui renferme cet élément.



Cette formule simple découle des considérations que voici : si l'on prend comme abscisses les numéros d'ordre des colonnes verticales, comme ordonnées les valences en marquant chaque fois deux points qui correspondent respectivement au degré le plus faible et au degré le plus élevé de combinaison, et qu'on réunit ces points, on obtient deux droites qui se coupent à angle droit.

L'équation de la droite ABC est $v - n = 0$
» » BD est $v + n - 8 = 0$.

La combinaison de ces équations donne :

$$(v - n)(v + n - 8) = 0$$
$$v^2 - n^2 - 8(v - n) = 0.$$

C'est l'expression mathématique simple de la variation de la valence de n'importe quel élément, en fonction de sa position, dans le système périodique. Pour les

différents groupes on aura donc les valences maximum et minimum que voici :

N° du groupe	Valence minimum	Valence maximum
8	0	8
7	1	7
6	2	6
5	3	5
4	4	4

En admettant la même loi pour les trois autres groupes :

3	3	5
2	2	6
1	1	7

Ceci se rapporte aux métaux et est moins évident que pour les groupes à éléments électronégatifs ; quoi qu'il en soit, l'existence de combinaisons des métaux alcalins avec d'autres métaux annonce la possibilité de l'existence d'autres valences.

Rapprochant ces considérations de la théorie d'Abegg, on voit que pour tous les groupes la valence minimum représente la valence normale, la valence maximum la contrevalence.

Si v_1 et v_2 sont les racines de cette équation, on aura

$$v_1 = n \qquad v_2 = -n + 8$$
$$\text{et} \quad v_1 + v_2 = 8.$$

C'est-à-dire que la somme des valences maximum et minimum qu'un élément peut mettre en action est toujours huit, ou d'après Abegg la somme des valences normales et des contrevalences est toujours huit.

Théorie de Ramsay

Ramsay (1) considère les électrons comme des atomes de l'élément chimique électricité. C'est par eux que se font les liaisons des atomes dans les combinaisons.

Pour exposer sa théorie il est utile de rappeler brièvement les principaux essais qui ont été faits en vue de mettre en relief une relation entre l'affinité et les forces électriques.

En 1806 déjà Davy (2) montre qu'il y a entre l'affinité et l'électricité une relation étroite. L'affinité d'un élément pour un autre peut être notablement diminuée ou même anéantie en le chargeant d'électricité de sens contraire à son électricité propre ; cette affinité peut être exaltée par une charge électrique de même signe. L'exemple suivant est caractéristique : le zinc dans les conditions ordinaires s'oxyde facilement, chargé d'électricité négative il ne s'oxyde plus ; l'argent ne s'oxyde que très difficilement, chargé positivement son oxydation est très facile.

Dans la théorie dualistique de Berzélius également, les rapports entre affinité et électricité sont bien mis en évidence : les deux parties qui constituent la molécule sont toujours chargées d'électricité de signe contraire.

En 1881 Helmholtz (3) précise ces vues : la valence est le résultat de la mise en action des forces électriques.

Les phénomènes électrolytiques en effet, ont montré que la quantité d'électricité soit positive soit négative liée à un ion déterminé est invariable. L'interprétation la plus simple de ce fait consiste à admettre, avec Helmholtz, que l'électricité a une constitution atomique,

(1) Trans. Chem. Soc., 93, 764.
(2) Phil. Trans., 1807, p. 1.
(3) Trans. Chem. Soc.. 39, 302.

à admettre donc l'existence de particules élémentaires positives ou négatives.

C'est à cette quantité élémentaire d'électricité que Stoney a donné le nom d'électron.

La loi de Faraday exprime ainsi clairement que chaque unité d'affinité ou chaque valence correspond à une charge électrique invariable, soit positive soit négative : il y aura combinaison, aussitôt que l'une des affinités positives neutralisera sa charge en s'unissant à une affinité négative.

En 1901 Nernst (1) développe encore ces conceptions électroniques. Il admet une véritable combinaison entre les électrons et les éléments chimiques ou les radicaux ; il admet en outre que ces combinaisons entre la matière et l'électricité suivent les mêmes lois que les combinaisons entre éléments, notamment la loi des rapports constants et la loi des proportions multiples. Dans le sel marin, par exemple, si on remplace l'atome de sodium par un électron négatif on a l'ion chlore Cl $\ominus$; si l'on remplace l'atome de chlore par un électron positif, on a l'ion positif Na $\oplus$.

L'hypothèse fondamentale de Ramsay est la suivante :

Les électrons sont les atomes de l'élément chimique électricité, ils ont une masse, ils forment des combinaisons avec d'autres éléments, ils sont connus à l'état de liberté comme molécules, dans les combinaisons ce sont eux qui servent de lien entre les atomes.

On les représente par le symbole E.

Soit la combinaison du sodium avec le chlore : le chlorure de sodium en solution est ionisé, c'est-à-dire que le sodium porte une charge positive et le chlore une charge négative égale : d'après les vues électroniques, cela revient à dire que l'atome de sodium a perdu

(1) *Theoretische Chemie*, 5me édit., p. 392.

un électron et que l'atome de chlore s'en est additionné un. L'atome de sodium est donc son ion plus un électron, l'ion chlore est son atome plus un électron. La formation du sel marin pourra donc être représentée ainsi :

$$\mathrm{Na\,E} + \mathrm{Cl} = \mathrm{Na\,E\,Cl}$$

c'est l'électron qui sert d'union entre les deux atomes.

Mais d'après ce qui précède deux atomes d'un élément négatif s'uniraient pour former une molécule, sans l'intervention d'un électron. C'est peu probable. Le chlore n'est pas toujours monovalent : vis-à-vis de l'oxygène il peut jouer le rôle d'élément positif, dans le perchlorate de potassium on peut le considérer comme heptavalent, de telle sorte qu'il dispose au moins de sept électrons. La molécule de chlore pourrait donc se former comme suit :

$$\mathrm{E_6\,Cl.\,E.\,Cl.\,E_7}$$

Quelle sera d'après cette théorie la constitution du radical ammonium ? Lorsque le chlorure de ce radical se dissout dans l'eau, on a les ions NH_4 + et Cl —, la molécule sera donc NH_4 E Cl —. En solution l'électron reste fixé à l'atome de chlore le transformant en ion négatif. Si l'on suppose que l'azote, en raison de sa pentavalence, porte cinq électrons, dans la combinaison NH_3 il y en aura huit associés à l'atome d'azote ; ce nombre est le plus grand possible, aussi ne peut-on obtenir le groupement NH_4, sans qu'il s'y fixe de plus un atome ou un radical négatif qui accapare le dernier électron.

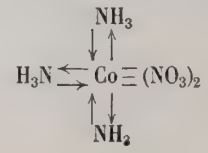
Ramsay applique aussi sa théorie aux combinaisons moléculaires, aux combinaisons complexes et notamment aux cobaltamines. Partant du complexe :

$$\mathrm{Co}\begin{matrix}(\mathrm{No_2})_3\\(\mathrm{NH_3})_3\end{matrix}$$

que l'on sait ne pas être dissocié, il s'agit d'expliquer pourquoi les complexes tetra, penta et hexaminiques présentent respectivement un, deux et trois groupes NO_2 ionisés.

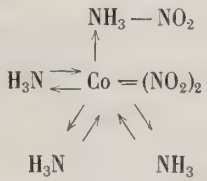
Ramsay admet que dans le composé triaminique chaque atome d'azote des molécules d'ammoniaque reçoit nn électron du Cobalt et lui en rend un.

Sa formule est donc :

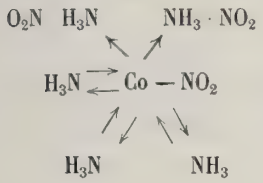


Si à ce dérivé on ajoute une molécule d'ammoniaque pour former le composé tétra-aminique, le cobalt envoie un électron à l'atome d'azote de la nouvelle molécule. Cet atome est donc surchargé puisqu'il porte neuf électrons, il peut en envoyer un à un groupe NO_2 primitivement lié au cobalt et par ce fait indissociable. Après la migration moléculaire ce radical peut se dissocier.

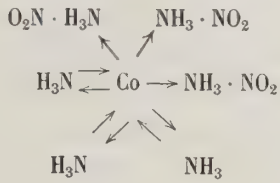
Le dérivé tétra-aminique aura donc la formule



De même pour les dérivés penta et hexa-aminiques on aura les formules :



et



Théorie de Friend

Friend (1) propose de distinguer trois sortes de valences :

1° la valence libre négative ;

2° la valence libre positive ;

3° la valence résiduelle ou valence latente.

1° Valence libre négative. Tous les éléments qui peuvent se combiner avec l'élément électro-positif hydrogène ont une ou plusieurs valences libres électro-négatives : cela revient à dire avec Ramsay que tous les éléments qui peuvent s'additionner un ou plusieurs électrons peuvent former des hydrures.

La valeur numérique de cette valence est en général

(1) Proc. chem. Soc., 24, 14 ; Transact. Soc., 93, 260 et 1006 ; *Theory of Valency*, p. 150.

très constante, c'est ainsi que l'on ne connaît que PH_3, NH_3, CH_4... etc. et que l'on n'a jamais isolé PH_4, NH_4, CH_3... etc.

2° Valence libre positive. En plus de leur valence négative certains éléments ont encore une valence positive, c'est-à-dire qu'ils peuvent donner lieu à la formation d'un ou plusieurs électrons. Ces éléments sont de nature amphotère.

D'autres éléments possèdent uniquement la valence positive ou la valence négative.

La valeur numérique de la valence positive est bien plus difficile à déterminer que celle de la valence positive. Pour la déterminer Friend propose de prendre le fluor comme étalon (1).

Le chlore, le fluor et l'oxygène seraient les seuls éléments qui posséderaient seulement la valence libre positive.

Voici un tableau qui indique d'après Friend la valence des éléments amphotères par rapport au fluor et à l'hydrogène.

Tableau des éléments amphotères

Éléments	*Hydrures*	*Valence —*	*Fluorures*	*Valence +*	*Valence totale libre*
Antimoine	SbH_3	3	SbF_5	5	8
Arsenic	AsH_3	3	AsF_5	5	8
Bore	BoH_3	3	BoF_3	3	6
Brome	BrH	3	BrF_3		
Carbone	CH_4	4	CF_4	3	4
Iode	IH	1	IF_5	4	8
Azote	NH_3	3	NOF	5	6
Phosphore	PH_3	3	PF_6	3	6
Sélénium	SeH_2	2	SeF_6	5	8
Silicium	SiH_4	4	SiF_4	6	8
Soufre	SH_2	2	SF_6	6	8
Tellure	TeH_2	2	TeF_6	6	8

On voit que dans la majorité des cas la somme des valences libres est égale à huit.

(1) On peut se demander quel avantage présente ce choix. Le fluor, en effet, a une grande tendance à fonctionner avec une valence plus élevée que l'unité. Cela donne lieu souvent à des associations moléculaires dont il peut être très délicat de démêler la constitution.

3° Valences latentes. Friend désigne par ce nom des valences positives ou négatives qui diffèrent des autres par le fait qu'elles ne peuvent être mises en action que deux à deux et qu'elles sont alors d'intensité égale mais de signe contraire.

Dans le langage électronique cela revient à dire que les éléments qui mettent en action ces valences d'une part s'additionnent un électron et d'autre part en mettent un en liberté.

Les valences latentes de Friend correspondent aux affinités neutres de Spiegel ou aux valences électriques doubles d'Arrhénius.

Graphiquement on distingue les deux genres de valences en représentant les valences libres par des traits forts.

La molécule d'hydrogène peut être représentée ainsi :

$H \overset{+}{-} \cdots \overset{-}{+} H$ ou $H \rightleftarrows H$, où les flèches indiquent la direction des électrons : on voit que les valences libres n'y sont pas saturées.

Dans l'hydroxylamine : $H - N \langle \begin{matrix} -OH \\ -H \end{matrix}$

deux valences négatives libres de l'azote ne sont pas saturées.

Le chlorhydrate d'ammoniaque sera représenté de la façon que voici :

$$H_3 \equiv N \langle \begin{matrix} -H \\ -Cl \end{matrix}$$

les trois valences négatives libres de l'azote y sont saturées.

Friend applique également sa théorie aux sels complexes ; il nous semble cependant qu'elle ne présente dans ce sens aucun avantage sur les essais de Werner, d'Abegg, de Spiegel ou d'Arrhenius.

Théorie de Thomson

La théorie de Thomson (1) est purement spéculative, mais elle a cependant conduit à des résultats fort intéressants. Elle a été émise en 1904.

(1) Phil. Mag. (VI) 237 et (VI II.) 769 et *The Corpuscular Theory of Matter*, (1907).

L'atome est constitué de corpuscules qui se meuvent dans un champ électrisé positivement. Dans la disposition la plus simple tous les corpuscules ne sont mobiles que dans un plan et ils forment plusieurs anneaux concentriques.

Thomson calcule que si l'atome est composé de cinq anneaux concentriques et si l'anneau extérieur en a vingt, le nombre de corpuscules le plus petit possible pour un atome sera 59, le plus grand sera 67 ; si ce chiffre est dépassé, l'anneau extérieur doit contenir plus de vingt corpuscules.

Avec l'anneau extérieur de vingt et une somme variant entre 59 et 67, la répartition dans les anneaux concentriques sera donnée par le tableau suivant.

Nombre de corpuscules	59	60	61	62	63	64	65	66	67	
Nombre dans les anneaux concentriques	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1
	16	16	16	17	17	17	17	17	17	2
	13	13	13	13	13	13	14	14	15	3
	8	8	9	9	10	10	10	10	10	4
	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5

Le groupe à 59 corpuscules est très instable ; il met facilement un corpuscule en liberté en se chargeant positivement : il forme ainsi un système très stable à anneau externe de 19 corpuscules. Mais, en raison de la charge positive qu'il a acquise par le départ du 59e corpuscule, il attire des corpuscules voisins et il ne peut rester chargé en permanence. Un atome de ce genre ne peut donc être ni électro-positif ni électro-négatif : il ne peut rester électriquement chargé.

Le groupe à 60 corpuscules est le plus électro-positif de la série : il peut lâcher un corpuscule, mais un seul ; s'il en lâche deux, on revient au schéma précédent.

Ce système peut donc être chargé d'une unité d'électricité positive, mais d'une seule.

Les groupes à 61 et à 62 peuvent perdre respectivement, tout en conservant leur stabilité, deux ou trois

corpuscules et se montrer chargés de deux ou trois unités d'électricité positive.

D'autre part le groupe à 67 corpuscules est très analogue au groupe à 59. S'il y a addition d'un corpuscule, il y aura une modification complète de cet arrangement avec formation d'un anneau extérieur à 21 corpuscules, mais c'est le système le plus instable de cet ordre et il en résulte qu'aussitôt la charge négative acquise par addition d'un corpuscule, elle sera de nouveau perdue : le système est incapable de retenir une charge électrique.

Le groupe à 66 a des propriétés électro-négatives prononcées, il peut s'attacher un corpuscule, mais un seul : il a les propriétés d'un atome électro-négatif monovalent. Un raisonnement analogue montre que les groupes à 65 et à 64 corpuscules fonctionnent respectivement comme des atomes électro-négatifs bi- et trivalents.

Il suffit de mettre cette classification en regard du système périodique pour se convaincre de leur analogie.

Aux deux extrémités se trouvent les deux groupes d'éléments dépourvus d'affinité, puis d'une part les systèmes qui perdant un, deux ou trois corpuscules deviennent mono- bi- et trivalents électro-positifs, et d'autre part ceux qui par addition d'un, deux ou trois corpuscules forment des atomes électro-négatifs mono- bi- et trivalents :

He Li Be Bo C N O Fl Ne
Ne Na Mg Al Si Ph S Cl Ar

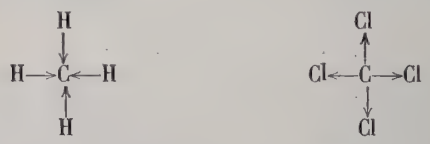
La position du carbone est bien en rapport avec ses propriétés : d'après le système de Thomson on voit que le groupe à 63 corpuscules qui lui correspond peut soit perdre 4 corpuscules et former un atome électro-positif tétravalent, soit s'ajouter 4 corpuscules et former un atome électro-négatif tétravalent ; ce qui explique pour-

quoi le carbone peut fonctionner comme élément tétravalent aussi bien vis-à-vis des éléments électro-positifs que des éléments électro-négatifs.

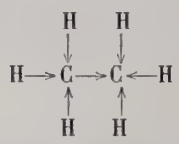
On pourrait encore rapprocher le système de Thomson de celui d'Abegg et montrer notamment comment en perdant 7, 6 et 5 corpuscules les éléments électro-négatifs mono- bi- et trivalents peuvent mettre en action respectivement 7, 6 et 5 contre-valences positives.

Voici maintenant une conséquence de ce système : les atomes dans les molécules sont liés par l'énergie électrique résultant de la mise en action des corpuscules, l'atome qui reçoit un corpuscule acquiert une charge définie d'électricité négative, l'atome qui envoie le corpuscule se charge positivement; graphiquement ce processus électrique se représente par une flèche (ensemble de lignes de force) dirigée de l'atome chargé positivement à l'atome chargé négativement. Ce mode de représentation diffère de celui qu'emploie le chimiste, en ce sens que la valence a ici une direction unique, déterminée seulement par le caractère électro-chimique des éléments entrant en combinaison.

C'est ainsi que J. J. Thomson représente le méthane et le tétrachlorure de carbone de la façon suivante :



Passant à des combinaisons plus complexes, Nelson et Falk (1) font des remarques intéressantes. L'éthane, par exemple, sera constitué de deux groupes méthyle fonctionnellement différents puisque leur charge électrique diffère.



Le cas de l'hexaphényl-éthane est plus caractéristique et ce mode de représentation explique bien l'existence des pseudo-ions $(C_6H_5)_3C+$ et $(C_6H_5)_3C-$(2).

L'application de ce mode de représentation aux acides bicarboxylés de la série grasse est intéressante aussi : on peut diviser ces acides en deux groupes suivant que la molécule est symétrique (nombre impair d'atomes de carbone) ou asymétrique (nombre pair d'atomes de carbone).

(1) The School of Miner Quarterly, 30, 179. — Journ. of Amer. chem. soc., 32, 1637.

(2) Voir «Valence du carbone », exposé des travaux sur le triphényl-méthyle.

Acides symétriques

$$COOH \leftarrow CH_2 \rightarrow COOH \text{ malonique}$$
$$(COOH \cdot CH_2) \leftarrow CH_2 \rightarrow (CH_2\,COOH) \text{ glutarique}$$

Acides asymétriques

$$COOH \rightarrow COOH \text{ oxalique}$$
$$(COOH \cdot CH_2) \rightarrow (CH_2 \cdot COOH) \text{ succinique... etc.}$$

Cette division en acides symétriques et asymétriques est bien d'accord avec l'alternance de certaines propriétés, notamment la fusibilité et la solubilité, que l'on trouve dans cette série de corps.

Nelson et Falk citent encore de nombreux exemples d'application de la conception de J. J. Thomson, nous nous bornerons à rapporter les deux exemples suivants qui concernent les composés éthylèniques.

Les composés éthyléniques symétriques doivent exister sous deux variétés, des composés du type $CRR' = CRR'$ seront de la forme :

$$CRR' \rightleftarrows CRR' \quad \text{ou} \quad CRR' \rightleftarrows CRR'$$

C'est le cas des acides fumarique et maléique.

Les composés asymétriques peuvent exister en plus grand nombre encore, un composé du type $CR_2 = CRR'$ existera sous trois formes isomères

$$CR_2 \rightleftarrows CRR', \quad CR_2 \rightleftarrows CRR', \quad CR^2 \rightleftarrows CRR'.$$

Pour la plupart de ces composés on ne connaît pas toutes les trois formes, cependant récemment Stobe et Wilson (1) ont préparé trois formes qui semblent réellement isomériques de para- et de métanitrobenzaldéoxybenzoine.

Fry (2), généralisant et combinant les hypothèses corpusculaires et atomistiques de Thomson, Ramsay, etc., admet que toutes les réactions sont de nature électronique et que tous les atomes ont une valence positive et négative. Le chlore moléculaire doit être représenté ainsi $Cl\underline{+}\,\underline{-}Cl$, l'hydrogène $H+\,\underline{-}H$. Il en résulte que les combinaisons les plus simples, telles que l'acide chlorhydrique par exemple, doivent exister sous deux formes isomériques : $H+\underline{-}Cl$ et $H\underline{-}+Cl$ ou encore $H \rightarrow Cl$ et $H \leftarrow Cl$; ce sont des isomères électroniques ou électromères. Le nombre d'électromères augmente avec la valence. Des composés à éléments tétravalents pourront exister sous cinq types différents ; en appliquant cette notion à la représentation de la benzine on peut obtenir six configurations différentes (3).

(1) Ann., 374, 237.

(2) Zeit. phys. chem., 76, 385.

(3) Voir en particulier l'application de cette théorie à la formule de Collie pour la benzine, Zeit. phys. chem., 76, 398 et à la naphtaline ibid., 76, 591.

Théorie de Stark

Stark (1) s'appuie sur les conceptions électroniques que voici. Une charge électrique ne peut se diviser que jusqu'à une certaine limite : la quantité élémentaire d'électricité est égale à $3{,}2.10^{-10}$ unités électrostatiques. La plus petite masse qui peut être liée à la quantité élémentaire d'électricité négative est de $1{,}8.10^{3}$ fois plus petite que la masse de l'atome d'hydrogène. La quantité élémentaire d'électricité négative qui possède cette masse est un électron.

Tandis que l'électron négatif a un diamètre très petit, Stark admet que la quantité élémentaire d'électricité positive est constituée d'un assemblage d'électrons négatifs doués d'un mouvement de rotation déterminé.

Il admet de plus qu'à la surface d'un atome se trouvent ces sphères positives très développées entre lesquelles ou au-dessus desquelles se trouvent les petits électrons négatifs, ceux-ci constituent les électrons-valence. L'atome est entouré d'un système de lignes de force dont l'origine est aux électrons-valence et qui se dirigent vers les sphères positives.

Si un électron-valence est uniquement lié à son propre atome, c'est-à-dire s'il envoie uniquement ses lignes de force vers les sphères positives de son atome, il ne sera pas saturé.

Un atome monovalent avec un électron-valence non saturé est donné dans la figure 5,*a*.

Si l'électron-valence n'est pas simplement lié à son atome, mais s'il envoie en même temps quelques lignes de force à un atome voisin, il se trouvera saturé (fig. 5,*b*).

Stark introduit encore la notion de l'électron-valence labile (gelokert). Il désigne par là un électron-valence

(1) Physik. Zeit., 9, 85. Jahrb. *Radio-Activität und Elektronik*, 6, 124.

qui est uni à son propre atome mais qui est légèrement déplacé de sa position primitive en raison de l'action répulsive d'électrons-valence voisins (figure 5,*c*).

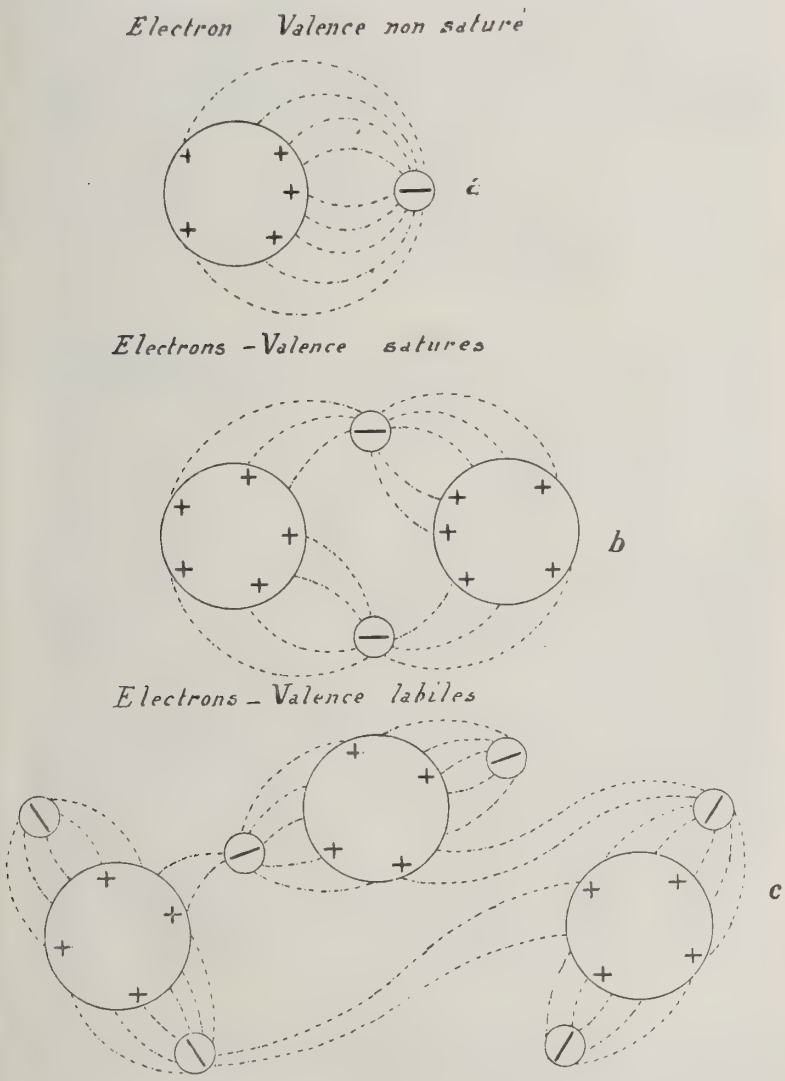


Fig. 5.

L'application du système de Stark aux combinaisons moléculaires surtout est intéressante. Dans les combi-

naisons moléculaires il ne faut admettre pour aucun élément une valence plus élevée que dans les combinaisons atomiques. La combinaison se fait parce que quelques lignes de force d'un électron-valence d'une molécule se dirigent vers une sphère positive d'une autre molécule. Les molécules associées peuvent être de même nature ou de nature différente : dans le premier cas on aura le phénomène de polymérisation.

Ce mode d'interprétation est bien d'accord avec l'instabilité de ces composés, puisque ce n'est qu'une fraction des lignes de force qui contribue à maintenir unis leurs constituants (1).

Stark est donc conduit à admettre la divisibilité de la valence : supposer que les lignes de force d'un électron-valence puissent se partager entre plusieurs sphères positives d'un même atome ou d'atomes différents c'est supposer le fractionnement des valences.

Nous sommes ainsi amenés à exposer brièvement les théories un peu démodées des valences fractionnées.

Voici comment s'exprime Burham (2) en 1881 :

« La valence n'est pas une force de combinaison, une force d'affinité : c'est un rapport de saturation mutuelle des éléments. Quand nous disons qu'un élément est mono- bi- et trivalent, c'est indiquer que son atome équivaut au point de vue de la saturation à 1, 2 ou 3 atomes univalents d'hydrogène, de chlore, de potassium. Mais rien ne nous oblige à admettre qu'une valence d'un élément donné doit être forcément saturée par une valence émanée d'un seul élément voisin. »

Schutzenberger (3) a repris et développé ces vues. Pourquoi les valences d'un élément ne pourraient-elles se partager en fractions d'unité ? En se servant de l'hypothèse des valences fractionnées on explique facilement la constitution d'un grand nombre de combinaisons dont l'interprétation nécessite de nouvelles hypothèses, comme celles des valences supplémentaires ou des combinaisons moléculaires.

Voici par exemple comment Schutzenberger discute la constitution du chloroplatinate potassique : Le platine a toutes les allures d'un métal quadrivalent et le potassium d'un métal univalent. Il en résulte forcément d'après la théorie des valences que le tétrachlorure de platine et le chlorure de potassium sont deux composés complets, saturés par, conséquent impropres

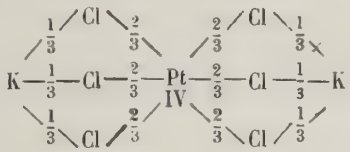
(1) Comparer à ce sujet Lodge (NATURE, 1904, 70, 176), qui en 1904 déjà avait émis des vues très analogues.

(2) Société Royale d'Edimburg, juin 1881. Cfr. De Thierry, *Introduction à l'étude de la chimie*, p. 360.

(3) CHIMIE GÉNÉRALE, t. VII.

à donner des combinaisons d'addition. On sait cependant que $Pt\,Cl_4$ s'unit à 2 KCl pour donner un chloroplatinate de potassium bien défini. Par quel lien ces deux corps peuvent-ils se souder ?

D'après la théorie du fractionnement des valences, il est possible de construire, avec un atome de platine quadrivalent, six atomes de chlore et deux atomes de potassium univalents, une molécule très symétrique où la loi de saturation est observée en tenant compte des affinités respectives des trois éléments mis en présence. Le potassium ayant peu ou point d'affinité pour le platine, aucun lien n'existera entre ces deux corps. Les six atomes de chlore partageront leurs six valences entre l'atome de platine et les deux atomes de potassium, ce qui donnera :



Le groupe $PtCl_6$ forme ainsi un radical bivalent que l'on peut unir à K_2, H_2, Na_2, Rb_2, Cs_2... etc.

(A suivre) P. Bruylants.

L'ÉDUCATION DE L'IMAGINATION

I

LES DIVERSES ESPÈCES D'IMAGINATION

La psychologie a longtemps considéré l'imagination comme une faculté relativement simple. De là, dans la pédagogie basée sur cette psychologie, des méthodes uniformes et nécessairement superficielles développant sans doute l'imagination en bloc mais insuffisamment adaptées à chacune des individualités qu'elles prétendent former.

La psychologie expérimentale a démontré d'irréfutable façon que l'imagination diffère profondément d'un sujet à l'autre, qu'il n'existe pas deux hommes ayant des imaginations identiques.

Les psychologues expérimentateurs étudient l'imagination à deux points de vue ou mieux dans deux états différents : l'état dynamique et l'état statique.

A l'état dynamique l'imagination nous apparaît puisant dans le milieu ambiant les représentations sensibles, à l'état statique elle se confond avec la mémoire sensible contenant l'ensemble des images-souvenirs. L'état statique est fonction et des états dynamiques antérieurs et de la fidélité de la faculté rétentive.

Est-il nécessaire de noter que par images et images-souvenirs il faut entendre toutes les représentations sensibles aussi bien auditives, olfactives, tactiles et

motrices que visuelles? Les idées sont toujours accompagnées d'images. Certains auteurs ont appelé idées sans images, des concepts non liés a certaines espèces de représentations sensibles. Ils oubliaient que sauf les sourds-muets, lesquels pensent en s'aidant d'images des choses, presque tous les hommes usent abondamment d'images verbales ; celles-ci ayant chez l'immense majorité des sujets la forme auditive motrice. Si donc on découvre quelques rares individus qui semblent penser sans le concours d'images, on ne saurait tirer de ces cas mal déterminés aucune conclusion.

L'imagination diffère considérablement d'un sujet à un autre sujet. Passons en revue les différences les plus caractéristiques. Elles portent à l'état dynamique et à l'état statique sur la *quantité*, sur la *qualité*, sur la *vivacite* ou intensité, sur la *précision* ou exactitude, sur la *netteté*, sur la *capacité de combinaison*, sur la *capacité d'invention*, et enfin sur la *proportion de passivité et d'activité*.

La Quantité

Il convient de l'examiner et à l'état dynamique et à l'état statique. Dire que deux sujets A et B diffèrent d'imagination au point de vue de la quantité, à l'état dynamique, cela revient à affirmer que, toutes les conditions objectives étant strictement pareilles, A puise dans un milieu donné, pendant un temps déterminé, plus d'images que B. Dans le temps que B forme cinquante images, A en forme soixante-quinze, cent, cent-cinquante. A est subjectivement supérieur au point de vue de l'imagination dynamique à B. Or cette supériorité dépend de deux facteurs : 1) l'acuité, la finesse plus grande du ou des organes sensoriels et des centres correspondants qui sont directement impres-

sionnés dans le milieu où se trouvent les deux sujets considérés; 2) de l'attention plus intense que A prête aux modifications ambiantes, soit attention voulue, active par conséquent, soit attention attirée, passive.

Pour deux pareils sujets la richesse de l'imagination en action, l'abondance des images puisées dans un milieu croîtra avec la richesse en modifications sensibles de ce milieu, mais elle croîtra plus rapidement chez A que chez B.

Quand on affirme que A et B diffèrent d'abondance d'imagination à l'état statique, cela revient à dire que A, par exemple, possède en bloc plus d'images-souvenirs que B. On conçoit qu'il est bien malaisé d'arriver à mesurer exactement la quantité de deux imaginations à l'état statique. Il faudrait épuiser tout le contenu de la mémoire de A et de la mémoire de B, comparer le total des images-souvenirs de l'un au total des images-souvenirs de l'autre, pour fixer mathématiquement le rapport entre l'imagination de l'un et celle de l'autre.

Les causes qui produisent de pareilles différences sont, outre celles que nous avons signalées tantôt — finesse des organes sensoriels et des centres, puissance de l'attention — la fidélité de la mémoire. Et ici on peut à la rigueur supposer qu'un sujet à organes affinés et attention puissante, mais possédant une mémoire faible, arrive à un résultat sensiblement analogue à celui d'un sujet à organes sensoriels obtus et à attention fuyante, mais doué d'une mémoire tenace. Nous disons : « à la rigueur » ; car un semblable cas d'égalité obtenue par compensation sera toujours une rareté. En général un sujet à organes sensoriels affinés et attention puissante forme des images intenses, partant profondément imprimées dans le sensorium, et se conservant en raison même de la profondeur de cette empreinte.

L'abondance des images-souvenirs d'un sujet donné

se révèle par le nombre des images associées qu'évoque instantanément un texte choisi. Toute image actuelle pénétrant dans la conscience y ressuscite une foule d'images-souvenirs reliées à l'image actuelle de quelque façon. Et l'abondance des images-souvenirs associées que le heurt d'une image actuelle fait se lever dans le champ conscient, est en rapport avec la richesse des dépôts antérieurement formés. Un bâton plongé dans deux vases inégalement remplis de liquide se mouille d'autant plus haut que le récipient est plus rempli.

La Qualité

Quand on dit que l'imagination à l'état dynamique diffère qualitativement chez les sujets A et B, cela revient à affirmer que dans un milieu déterminé identique pour les deux sujets considérés, pendant un temps strictement égal, le sujet A puise dans ce milieu et pendant ce temps un ensemble d'images dans lesquelles les diverses sortes de représentations sensibles sont inégalement représentées. Supposons que A puise dans les conditions données 50 images et B également 50 images ; leurs imaginations seraient par hypothèse quantitativement égales. Supposons chez A les 50 images se répartissant en 20 visuelles, 10 auditives, 10 motrices, 5 tactiles et 5 gustatives. Admettons chez B la décomposition du total de 50 images en : 5 visuelles, 25 auditives, 5 motrices, 10 tactiles et 5 gustatives. Ces deux sujets ont des imaginations pareilles au point de vue de l'étendue ou de la quantité, mais différentes au point de vue de la qualité. Le premier est plus visuel, le second plus auditif. Supposons maintenant A et B différents aussi au point de vue quantitatif. A et B puiseraient par exemple dans un milieu identique observé durant un temps déterminé, le premier 50 images, le second

40 images. Or les 50 images du premier se décomposant comme il a été dit en 20 visuelles, 10 auditives, 10 motrices, 5 tactiles et 5 gustatives ; les 40 images du second comprendraient, par hypothèse également 20 visuelles, mais 5 auditives, 5 motrices, 5 tactiles et 5 gustatives. Le second sujet B, dont l'imagination prise en bloc apparaîtrait moins riche que celle de A, serait plus visuel que A, puisque la moitié de ses images totales seraient visuelles tandis que chez A la proportion des images prédominantes ne serait que des $\frac{2}{5}$ du total.

Ceci montre la complexité de la question : qu'est-ce qu'un type plus visuel qu'un autre type ? est-ce celui qui dans les mêmes conditions puise en même temps dans le même milieu un total supérieur d'images visuelles, ou bien celui qui dans l'ensemble de ses représentations sensibles arrive à la plus grande proportion d'images de cette espèce ? En d'autres termes, A, formant 20 images visuelles sur 50, est-il également ou moins visuel que B, formant 20 images sur 40? Nous pensons que c'est B qui l'emporte. Mais à la rigueur on pourrait défendre l'opinion de ceux qui prétendent que dans ce cas A et B sont visuellement égaux.

D'où dépendent ces différences qualitatives de l'imagination considérée à l'état dynamique ?

Elles sont la conséquence de trois conditions surtout, elles dépendent de trois facteurs principaux qui sont ; d'abord l'inégalité de finesse des divers organes sensoriels impressionnés dans les milieux considérés ; en second lieu l'intensité de l'attention que le sujet porte volontairement sur les modifications sensibles du milieu exploré ; enfin la nature de ce milieu lui-même.

Dans les travaux psychologiques des vingt dernières années on a beaucoup exagéré l'importance des différences congénitales de développement des organes sen-

soriels et des centres correspondants. Sans aucun doute il existe des types visuels, auditifs, moteurs, voire olfactifs et tactiles ; mais ceux qui sont réellement caractéristiques, les types éminents sont relativement rares. Pour la très grande majorité, les hommes sont visuels ou mieux visuels-moteurs pour l'imagination générale, se représentant, sous forme sensible, les choses ; auditifs ou mieux auditifs-moteurs pour l'imagination verbale, se représentant, sous forme sensible, les mots. Et sans doute entre les types éminents produits d'une évolution poursuivie le plus souvent à travers plusieurs générations, et l'homme normal ou moyen, il existe des stades intermédiaires, des types visuels auditifs ou moteurs en route vers les formes caractéristiques nettement définies ; mais l'importance de ces inégalités est beaucoup moindre chez ces types en formation, et d'ailleurs l'éducation doit viser plus à développer harmonieusement les facultés de l'enfant qu'à encourager au début de la vie les déformations professionnelles. Quoi qu'il en soit du degré d'inégalité qui distingue les divers organes sensoriels d'un sujet, on conçoit que l'organe ou les organes prépondérants puiseront dans un milieu donné, l'attention étant supposée égale pour toutes les sensations, un plus grand nombre d'images correspondantes.

Le second facteur qui détermine la qualité des images recueillies dans le milieu ambiant, est l'attention. Or celle-ci est naturellement influencée par l'intérêt spécial que présentent les stimulations correspondant aux organes sensoriels prédominants. Elle obéit à la loi du moindre effort : les organes plus affinés sont impressionnés plus fréquemment et plus profondément que les moins affinés. Toutefois à côté de l'attention passive, il faut considérer l'attention active voulue. Or une foule de raisons interviennent pour faire agir le sujet malgré les attraits naturels des sensations s'adressant à leurs

organes privilégiés. Ainsi un sujet nettement visuel considérant un animal notera la couleur de sa peau, de ses yeux, de ses ongles, de ses poils, la forme de son corps, de ses pattes, etc. Mais un zoologiste habitué à faire l'examen scientifique d'un animal suivant un ordre systématique aura en fin de compte remarqué plus de détails, aura emmagasiné dans ses centres plus d'images visuelles motrices que le peintre ignorant la zoologie. Le premier parce que visuel le second parce que portant systématiquement ses regards de façon à pouvoir répondre à un questionnaire imposé. Tout expérimentateur qui a soin d'interroger ses sujets sait combien de causes imprévues déterminent une orientation nouvelle de l'imagination, au moment où cette orientation devient utile pour le travail poursuivi.

Quant au troisième facteur qui fait varier qualitativement l'imagination à l'état dynamique, la nature même du milieu, il suffira de noter que toutes choses égales d'ailleurs, un milieu plus riche en sensations d'une sorte se *traduit* par une quantité plus considérable d'images correspondantes. Un même sujet rêve différemment devant un paysage vu à la pleine clarté matinale, que perçu le soir à la lueur indécise du crépuscule.

Un mot sur les différences qualitatives d'imagination à l'état statique. Quand on affirme que A a une imagination différant qualitativement de celle de B, à l'état statique, cela signifie que parmi les images-souvenirs du premier une ou plusieurs espèces prédominent, alors que chez B ce sont d'autres espèces qui sont plus abondamment représentées. La qualité de l'imagination à l'état statique est fonction des états dynamiques antérieurs d'une part, de la fidélité de la mémoire d'autre part.

La vivacité ou intensité

Nous entendons ici par vivacité de l'imagination, l'intensité habituelle des images à l'état dynamique et des images-souvenirs à l'état statique.

Deux sujets diffèrent par la vivacité de l'imagination à l'état dynamique lorsque les images, puisées dans un milieu donné, par le premier, sont, toutes les conditions étant les mêmes, plus intenses que celles qu'y puise le second. Par images plus intenses il faut entendre des modifications conscientes plus profondes correspondant à des quantités de mouvements plus considérables. Or les modifications conscientes, en général, et les images cérébrales en particulier sont plus intenses pour deux raisons : ou bien parce qu'elles sont la suite naturelle de sensations plus intenses, ou bien parce que résultant de sensations de force moyenne, ou même de sensations faibles, elles ont été renforcées par l'attention.

Le sujet à imagination vive possédant à l'ordinaire des images intenses est tel, non parce que les stimulations du milieu ambiant sont effectivement fortes et partant donnent des sensations intenses à un sujet de sensibilité moyenne, mais parce que, ses organes sensoriels étant plus impressionnables que ceux du commun des hommes, toutes les stimulations de force moyenne agissent sur lui comme le feraient des stimulations fortes. Le sujet à imagination vive doit sa supériorité à la finesse exceptionnelle de l'ensemble de ses organes des sens, ou à l'acuité de quelques-uns, voire d'un seul d'entre eux. Il va de soi que celui qui possède à la fois deux, voire trois organes sensoriels supérieurement développés, surtout si ces organes sont de ceux qui jouent un rôle important dans notre vie de relation — le sens visuel, le sens auditif, le sens musculaire — aura l'imagination vive en proportion. La

vivacité de l'imagination apparaît plus ou moins étendue, chez les divers sujets étudiés à ce point de vue spécial ; elle présente en outre chez chaque sujet un aspect particulier ; on peut l'étudier quantitativement et qualitativement.

Le second facteur intervenant dans la vivacité des images ou mieux dans la vivacité de certaines d'entre elles est l'attention, soit active parce que le sujet veut appuyer davantage sur certaines représentations sensibles de préférence à d'autres, soit passive parce que certaines images exercent un attrait plus grand, provoquent des émotions de tonalité agréable. La vivacité due à l'effort d'attention ou à l'émotion est essentiellement variable.

A l'état statique la vivacité de l'imagination dépend de l'intensité relative des images-souvenirs. D'une manière générale le sujet C aura l'imagination plus vive que celle du sujet D, parce que, dans leur ensemble, les représentations sensibles dont il se souvient, sont plus intenses et partant, lorsqu'elles se muent en mouvements, donnent lieu à des contractions musculaires plus rapides et plus énergiques. Ici encore on trouvera des variétés de types presque innombrables.

Si le sujet considéré a l'ensemble des organes sensoriels affinés et en même temps, ce qui est fréquent parce que naturel, une mémoire supérieure, l'ensemble de ses images-souvenirs présentera une vivacité proportionnelle. S'il n'a qu'un seul organe sensoriel aiguisé et en outre une mémoire moyenne, légèrement supérieure seulement pour les souvenirs correspondants à l'organe prépondérant, la vivacité de son imagination sera partielle. Si c'est l'attention qui chez un sujet remédie à la médiocrité des organes et des centres, et si la mémoire est moyenne ou inférieure, la vivacité des images-souvenirs ne sera qu'exceptionnelle et plutôt artificielle.

Ici plus que pour l'abondance et la qualité de l'imagination à l'état statique, la fidélité de la mémoire joue un rôle important. Cette fidélité dépendant surtout de la plasticité du cerveau, ce sont d'une manière générale les images déposées dans les premières années de la vie qui garderont le maximum de vivacité. Pour les impressions recueillies dans la période suivante l'attention aura fort à faire pour compenser la diminution graduelle de la plasticité ; et il arrivera plus ou moins tôt, dans la vie de tout homme, un moment où tous les efforts de la volonté ne suffiront plus à compenser le manque d'impressionnabilité du cerveau. A partir de ce moment la vivacité des images nouvellement fixées ira en diminuant, d'une manière générale s'entend, jusqu'à la mort.

La précision ou exactitude, et la netteté

On entend par précision ou exactitude de l'imagination la concordance entre les représentations sensibles des choses et ces choses elles-mêmes, et par netteté la qualité qui fait que la conscience distingue aisément et sûrement une image cérébrale de toutes les autres plus ou moins semblables qui l'avoisinent.

L'imagination précise est à coup sûr la plus rare, presque personne ne se représente les choses exactement telles qu'elles sont.

A l'état dynamique l'exactitude des images, leur concordance avec la réalité et par suite leur netteté objective dépendent surtout de la mise au point périphérique. L'exacte mise au point s'obtient par la parfaite accommodation de l'organe impressionné ; et par l'action de l'attention orientée vers la stimulation visée. La netteté assurée d'abord par les facteurs que nous venons de nommer est ensuite renforcée par un élément subjectif, l'attention centrale.

La double mise au point périphérique et centrale dépend elle-même de deux facteurs : la perfection de l'organe sensoriel en cause, la puissance de l'attention déployée. Ainsi un sujet myope ou hypermétrope recevant ses stimulations visuelles en arrière ou en avant de la rétine ne pourra jamais avoir de représentations visuelles exactes parce que son organe est défectueux. De nombreux enfants profitent peu de l'enseignement écrit reçu à l'école, uniquement parce que l'on n'a pas pris la peine, au début de l'année scolaire, de faire la détermination, si aisée à réaliser, de l'acuité visuelle de tous les élèves de chaque classe.

A l'état dynamique, la précision des images, leur netteté sont en outre facteur de la plasticité, de la fidélité de la mémoire. Il ne suffit pas d'avoir eu des représentations exactes, il faut pouvoir les conserver intactes.

La Capacité de combinaison

C'est la faculté de relier, d'enchaîner par des liens que l'on invente, deux ou plusieurs images qui ne sont pas encore associées entre elles. Il ne faut pas confondre ce travail d'imagination avec la perception des rapports existant entre les représentations, tels que de cause à effet, de tout à partie, de similitude et contraste, de contiguïté ou de continuité. Un exemple précisera notre pensée. On prie un sujet de réunir dans une phrase les mots « soldat », « couteau », « chien ». Il pourra imaginer ceci : « Un soldat au moyen de son couteau tua son chien. » On prie le même sujet de trouver le rapport entre les mots « soldat » et « homme ». Il résumera aussitôt ce qu'il perçoit en disant : « Tout soldat est un homme. » Le premier travail exige de l'imagination, voire une imagination développée surtout si les termes à réunir dans une même phrase sont

disparates. Plus les images à enchaîner sont dissemblables, plus le travail de l'imagination devient malaisé. Les combinaisons de représentations peuvent se faire dans l'espace — description — ou dans le temps — narration.

La Capacité d'invention

A la rigueur on pourrait considérer le travail de combinaison dont nous venons de parler, comme une sorte d'invention. Nous réservons le nom de capacité d'invention au travail de création proprement dit ; à l'activité propre des artistes, des littérateurs, et aussi des penseurs, des savants, des inventeurs de toutes sortes. Car le rôle de l'imagination dans la vie intellectuelle, et même dans la vie générale, est tout à fait primordial.

Or l'œuvre la plus originale en apparence n'est en fait qu'une combinaison d'éléments actuellement perçus ou — c'est le cas le plus fréquent — perçus antérieurement et conservés dans la mémoire. Parfois ces éléments sont tout à fait simples, tirés chacun d'objets différents et empruntés à des périodes différentes : dans ce cas l'œuvre imaginée paraît essentiellement originale. D'autres fois les éléments sont pris plusieurs dans un même objet, ou recueillis par courtes séries dans une succession connue. Dans ce cas l'œuvre imaginée contient des réminiscences et son originalité s'en trouve atténuée.

On peut estimer la capacité d'invention d'autant plus grande que l'originalité en est plus profonde et que le temps nécessaire à l'élaboration s'est trouvé relativement plus réduit.

La proportion d'éléments sensitifs et d'éléments moteurs

Les imaginations comme les caractères présentent des aspects différents qu'il est fort malaisé de définir. Il existe des imaginations fougueuses, d'autres apathiques, des imaginations que l'on pourrait appeler bienveillantes, optimistes si l'on veut, d'autres au contraire malveillantes, pessimistes. Par caractère, par tempérament, par dispositions habituelles ou passagères l'imagination paraît claire ou sombre, calme ou agitée, passive ou active. Parmi ces caractères généraux de l'imagination il convient de distinguer surtout les deux derniers.

Il existe, en effet, deux types d'imaginatifs : ceux qui considèrent profondément et longuement les représentations sensibles résultant des stimulations actuelles ou anciennes ; ceux, au contraire, qui portent toute leur attention volontaire ou instinctive sur les représentations des mouvements qui vont suivre. Chez les premiers la majorité des images se muent en d'autres images, chez les seconds elles se fondent immédiatement en courants moteurs et contractions musculaires. Entre ces deux sortes bien définies de types imaginatifs, il existe à coup sûr des intermédiaires, des caractères moins définis se rapprochant davantage du type passif ou ressemblant au contraire au type actif. Certains caractères flottants se transforment sous l'empire des circonstances, tantôt en type actif, tantôt en type passif.

II

LA MESURE DE L'IMAGINATION

Il est possible de mesurer, ou à tout le moins de déterminer avec une approximation suffisante, l'imagination d'un sujet et à l'état dynamique et à l'état statique, et ce

au point de vue de la quantité, de la qualité, de l'intensité, de la précision, voire de la capacité de combinaison et d'invention.

Détermination quantitative de l'imagination

A l'état dynamique, l'abondance de l'imagination se mesurerait exactement par la fraction portant comme dénominateur le nombre total des stimulations perceptibles se produisant durant l'unité de temps dans un milieu strictement défini, et comme numérateur le nombre total d'images perçues pendant ce temps dans ce milieu par le sujet observé.

Une telle détermination ne saurait s'effectuer avec une rigueur absolue. Comment connaître *tous* les stimulants qui modifient un milieu ? Il est possible d'obtenir des résultats comparables chez plusieurs sujets soumis à la fois à une expérience unique. On invite ces sujets à écrire les noms de toutes les impressions surtout visuelles et auditives qu'ils recueillent durant l'espace de 2 minutes, par exemple, dans le milieu ambiant. Bien entendu, les sujets doivent puiser leurs images autour d'eux et non en eux-mêmes. On assure la valeur de l'expérience en priant chacun de lire rapidement à haute voix la liste des mots écrits et de désigner chaque fois l'objet auquel il a pensé. S'il tarde ou hésite, on supprime le vocable énoncé.

On mesure indirectement la quantité des images cérébrales d'un sujet donné en déterminant son acuité sensorielle portée au maximum par la concentration de l'attention. Nous avons longuement exposé ailleurs comment on détermine exactement et sûrement et la finesse d'un organe sensoriel et l'attention que le sujet apporte dans la perception de ses sensations (1). Nous

(1) *L'homme droit et l'homme gauche*, Paris, Alcan, 1901.

n'y reviendrons pas. Connaissant la finesse des sens d'un sujet et en particulier la finesse des sens dont il se sert de préférence, connaissant en même temps son pouvoir d'attention, on conclut comme suit : L'imagination de A dont les organes visuel, auditif et le sens musculaire ont une acuité supérieure à la moyenne, dont l'attention est puissante, doit être quantitativement supérieure à l'imagination de B dont les organes sensoriels correspondants sont d'une valeur moyenne et dont le pouvoir de fixer l'attention est inférieur à celui de A. Il en serait encore de même, dans une mesure moindre, si le pouvoir d'attention de B était égal ou très légèrement supérieur à celui de A.

C'est généralement à l'état statique qu'on mesure la quantité de l'imagination des sujets au laboratoire et des élèves à l'école. On emploie surtout deux procédés, l'un plus exact : la méthode des temps de réaction ; l'autre moins précis : la méthode des associations spontanées en nombre illimité.

Dans la première méthode on procède comme suit :

Un appareil mesurant le temps, soit le chronoscope de Hipp, marquant la durée en millièmes de seconde est mis en marche à l'instant précis où un test est présenté au sujet. Ce test est ou bien un objet ou bien un mot. A l'instant où le sujet ouvre la bouche pour prononcer le mot que ce test évoque dans son esprit, le chronoscope est arrêté. On connaît donc en millièmes de secondes le temps qu'il a fallu au sujet pour trouver un mot associé. Pour savoir quelle est, dans ce temps, la part imputable à l'association, il faut défalquer de la durée totale celle que met ce même sujet à réagir à une simple stimulation auditive.

Soit donc, pour un sujet donné, le temps moyen de réaction 1,050″ ; si pour ce même sujet le temps de réaction aux stimulations auditives est en moyenne de 0,125″, par exemple, la durée d'association se réduit pour lui à 0,925″.

Pour mesurer exactement la quantité de l'imagination à l'état statique il faudrait connaître l'ensemble des images-souvenirs d'un sujet donné. C'est impossible. On tourne la difficulté en raisonnant comme suit : Si dans deux récipients inégalement remplis de liquide on plonge des bâtonnets pareils, ceux-ci seront mouillés d'autant plus que la quantité de liquide montera plus haut dans le vase. Pareillement si l'on plonge dans une conscience un test quelconque, à celui-ci s'agglutineront des images associées, en autant plus grand nombre ou d'autant plus rapidement, que le fond sera plus riche. On mesure la richesse en images par la rapidité avec laquelle le premier terme associé s'agglutine au test sondeur. Soient deux sujets : A qui dans 10 expériences met un temps de réaction de 1,052″ en moyenne, B qui arrive dans les mêmes conditions à une moyenne de 1,624″; on conclut que A a une imagination sensiblement plus abondante que B. Nous ne citons pas ces chiffres au hasard ; ils ont été obtenus au laboratoire et toutes les autres mensurations faites sur l'imagination de ces deux sujets ont confirmé celles-ci.

On peut reprocher à la méthode des temps de réaction d'être longue et fastidieuse, d'exiger un matériel et des installations compliqués, de nécessiter pour être concluante un nombre très considérable d'épreuves avec un choix judicieux et étendu de tests capables de rencontrer toutes les sortes d'associations d'un sujet.

La seconde méthode beaucoup plus simple consiste à proposer à un sujet un test, objet ou mot, et à l'inviter à écrire le plus rapidement possible durant un temps défini, 2 minutes par exemple, toutes les images que ce test évoque. On peut même ne pas imposer de test, et prier simplement le sujet d'écrire tous les noms d'objets qui lui viennent à l'esprit durant un temps donné.

Il semble que cette seconde méthode ait des avantages sérieux sur la première. On peut en effet reprocher à

celle-ci un certain arbitraire. L'expérimentateur choisit les tests. Or ce choix peut être malheureux pour divers motifs : l'expérimentateur peut se servir de tests qui dans l'imagination du sujet observé se rapportent aux associations les moins riches, et passer à côté d'un fond abondant sans l'atteindre. Ce sera le cas chez un visuel par exemple auquel on proposera comme tests des mots énoncés. Ces mots eux-mêmes ne seront pas toujours judicieusement choisis ; ils seront trop longs, ou ambigus, ou trop abstraits. Pour appliquer la première méthode avec succès il convient d'opérer en expérimentateur entraîné. Il faudra essayer des tests de nature différente, ne proposer que des mots courts, précis, concrets. La première méthode, pour donner des résultats sérieux, devra être utilisée par un psychologue, au laboratoire. Dans ce cas les conclusions recueillies auront une valeur de loin supérieure à celles obtenue en suivant la seconde méthode.

En effet le sujet abandonné à lui-même emploiera fatalement des procédés : successions de mots semblables par le son, comme : *pont*, *front*, *mont*, etc. ; ou reliés entre eux par le sens comme : *père*, *mère*, *frère*, *sœur*, *enfant*. Dans ces conditions les sujets ne se donnent vraiment que la peine de trouver le premier terme de chacune de ces petites séries, les termes suivants étant agglutinés entre eux de façon à constituer un ensemble.

Ajoutons pourtant qu'on peut employer la seconde méthode si l'on observe les conditions que nous déterminerons plus loin.

Détermination qualitative de l'imagination

Nous avons dit antérieurement combien de conceptions fausses ont cours sur les différences qualitatives

de l'imagination. Les imaginations vraiment caractéristiques sont rares. Les types sont des exceptions.

On détermine la qualité de l'imagination à l'état dynamique en notant la proportion d'images de chaque espèce puisées pendant un temps donné dans le milieu ambiant. Cette détermination est relativement facile si l'on opère comme nous avons dit plus haut : faire noter le plus rapidement possible toutes les stimulations recueillies dans le milieu pendant une durée de deux minutes, en ayant soin de contrôler — de la façon indiquée — si les images relatées ont bien été puisées au dehors et ne sont pas en tout ou en partie des images-souvenirs.

On détermine indirectement la qualité de l'imagination d'un sujet en faisant l'examen de ses organes sensoriels, en mesurant l'acuité multipliée par l'attention de chacun d'entre eux. Car il est évident que ces images là sont prépondérantes dans l'imagination totale qui naissent des stimulations s'adressant à l'organe le plus affiné.

On détermine qualitativement l'imagination à l'état statique par deux méthodes. La première est celle des temps de réaction. Si l'on constate que la durée moyenne des temps de réaction aux tests visuels est plus courte, sensiblement, que la moyenne des temps de réaction aux tests auditifs, on pourra conclure à l'abondance prédominante dans l'imagination du sujet des images-souvenirs visuelles. Comme pour les divers organes sensoriels le temps de réaction simple à la lumière, au son, etc., n'est pas identique, il faudra avoir soin de retrancher toujours du temps de réaction total le temps de réaction simple. Dès lors on comparera entre eux les temps d'association visuelle, d'association auditive, etc., et on conclura à la qualité de l'imagination d'après la moindre durée moyenne d'une de ces espèces d'association.

La seconde méthode plus simple consiste à faire dans l'ensemble des associations formées par le sujet en un temps donné, avec un test unique imposé ou choisi, la proportion des termes se rapportant à chaque organe des sens. Nous indiquerons comment le maître devra procéder pour obtenir au moyen de cette méthode des indications sérieuses.

Détermination de la vivacité de l'imagination

Cette détermination est la plus difficile de toutes. On sait en effet que — toutes choses égales d'ailleurs — la durée du temps de réaction est en raison inverse de l'intensité des sensations auxquelles le sujet répond. Or, il faut obtenir au préalable l'égalité absolue de toutes les conditions autres que l'intensité. Seul un psychologue expérimenté pourra sur des sujets d'élite entreprendre de pareilles mensurations pour l'ensemble des images cérébrales.

Il est plus aisé de mesurer l'intensité relative des images d'espèces différentes chez un seul sujet. On opère par la méthode du temps de réaction et on compare la réaction au mot, c'est-à-dire celle dans laquelle le sujet non pas associe un terme au mot servant de test, mais se contente de faire un signe pour indiquer qu'il a perçu le mot. On déduit exactement du temps moyen de la réaction au mot la durée moyenne de la réaction simple et alors, comparant entre eux les temps de réaction ainsi réduits, si l'on constate que ce temps est moindre pour les tests de nature visuelle que pour les tests de nature auditive, on peut conclure que, toutes choses égales d'ailleurs, l'image visuelle (mot écrit ou imprimé) est plus intense que l'image auditive (mot prononcé) ; que partant les images verbales visuelles de ce sujet sont plus intenses que les auditives.

C'est là une mesure de la vivacité de l'imagination à l'état dynamique. La vivacité de l'imagination à l'état statique se confond avec la fidélité de la mémoire, et se mesure comme celle-ci.

Détermination de l'exactitude et de la netteté de l'imagination

On ne peut songer à mesurer avec une précision rigoureuse ni la netteté ni l'exactitude des images cérébrales ; mais il est possible d'arriver à une détermination approximative qui suffira dans la pratique.

Voici comment on procède pour déterminer l'exactitude. Choisissons un dessin, soit un carré de 10 centimètres de côté. On permet au sujet de considérer pendant un temps donné le test qu'on lui soumet. Puis lui exhibant un groupe de dessins représentant outre des carrés de 10 centimètres d'autres carrés légèrement plus grands et plus petits, on le prie de désigner dans ce groupe les dessins répondant exactement à la représentation sensible qu'il vient de former. Cet exercice mesure l'exactitude des images visuelles motrices et plus directement la finesse du sens musculaire (muscles des yeux). On procédera pareillement pour déterminer l'exactitude des représentations de couleurs ; pour les images auditives représentant des sons différant soit par l'intensité, par la hauteur, par le timbre.

Les mensurations telles que nous venons de les décrire s'appliquent plutôt à l'imagination considérée à l'état statique. Pour faire des mensurations semblables sur l'imagination à l'état dynamique, on invitera les sujets à distinguer des nuances de plus en plus réduites, d'éclairage, de sonorité, de dimension. On ne peut en effet former des images nuancées que si l'on a conscience de différences correspondantes dans la sensation.

Quant à la netteté des images et des images-souvenirs, on procède de façon uniforme comme suit : on invite le sujet à retourner dans le moins de temps possible, et bien entendu avec une exactitude parfaite, des tests de plus en plus longs.

Exemple : on prononce le mot « *don* », tout sujet pourra le retourner aisément et rapidement et énoncer ou écrire : « nod ». La difficulté croît quand le mot s'allonge, « donner » est plus difficile à convertir en « rennod » ; « donation » encore plus difficile à se transformer dans l'imagination en « noitanod » et ainsi de suite.

On peut également faire retourner des successions de coups longs et brefs, etc., des mouvements de droite à gauche en mouvements de gauche à droite, etc.

Détermination de la faculté de combinaison, de la faculté d'invention, de la proportion d'éléments actifs et d'éléments passifs de l'imagination.

Ici il n'est plus permis de parler de mesure ni même de détermination approximative au sens scientifique du mot. D'une manière générale un sujet qui, dans la majorité des exercices de combinaison, met un temps sensiblement plus long à assembler des termes, peut être considéré comme ayant la faculté de combinaison moins développée que le sujet qui fait le même exercice en des temps presque toujours moindres. La faculté de combinaison est en raison de la difficulté de l'exercice, du degré de disparate des images à relier entre elles, et en raison inverse du temps nécessaire pour effectuer cette combinaison.

La faculté d'invention est encore moins aisée à déterminer. D'une façon générale elle est d'autant plus développée que le sujet imposé est moins défini, et que

le temps de production de l'œuvre d'art, est, relativement à sa difficulté, moins considérable.

L'importance de l'élément actif et passif dans l'imagination se mesure indirectement par la détermination des temps habituels de réaction. La difficulté principale de pareilles mensurations résulte de l'impossibilité d'écarter toutes les causes secondaires qui allongent ou raccourcissent la durée totale du temps de réaction.

III

MESURE DE L'IMAGINATION DES ÉCOLIERS

Tout maître doit connaître l'imagination de chacun de ses élèves de façon suffisante pour régler au plus grand profit de tous et son enseignement général, et les exercices spéciaux développant l'imagination en bloc, et les exercices d'entraînement destinés à cultiver cette faculté orthopédiquement.

Les professeurs et les instituteurs ne peuvent songer à mesurer l'imagination de leurs élèves avec la précision que seuls atteignent les expérimentateurs au laboratoire. Mais ils peuvent et doivent prendre une notion exacte de la faculté représentative au point de vue de la quantité, de la qualité, de la précision, de la netteté et du pouvoir de combinaison.

Détermination quantitative

Chez les écoliers, le maître déterminera l'abondance de l'imagination par un procédé analogue à celui que nous avons décrit plus haut : compter le nombre d'impressions puisées durant un temps déterminé dans un milieu donné. Pour les enfants de 6 à 7 ans, on pro-

duira des images en priant le sujet de montrer du doigt tout ce qu'il y distingue. D'après le nombre total d'impressions distinctes recueillies sur les mêmes images par chaque sujet dans le même temps ; et à condition bien entendu de répéter l'expérience un nombre suffisant de fois pour obtenir des moyennes constantes, on classera sûrement les enfants au point de vue de la quantité de l'imagination.

Chez les enfants plus âgés on déterminera l'abondance des images-souvenirs ; faisant énoncer par ceux qui écrivent péniblement, et écrire, par ceux qui sont plus avancés, le plus grand nombre de noms en un temps donné.

Détermination qualitative

Elle est beaucoup moins utile que la précédente. L'enseignement classique en effet ne doit pas servir à créer des types, ni même à favoriser les caractères congénitaux résultant des déformations professionnelles des ascendants. Il doit être harmonieux et développer tous les organes sensoriels en proportion de leur importance dans la vie normale.

Si toutefois un maître désire faire une détermination qualitative, il fera pour les tout jeunes enfants distinguer dans des images, dans des suites de sons ou de mouvements, le plus d'impressions possible en un temps donné. D'après la nature des impressions prédominantes, il conclura à la supériorité de l'organe sensoriel correspondant.

Pour les élèves capables d'énoncer ou d'écrire des noms, on fera la somme de tous les mots exprimant des sensations se rapportant aux principaux organes sensoriels, bien entendu après avoir interrogé le sujet, lui demandant à propos de chaque nom sous quelle forme il l'a perçu. On obtiendra ainsi le pour cent des

noms se rapportant à chaque organe des sens et on verra d'emblée lequel prédomine.

Détermination de l'exactitude ou précision de l'imagination

C'est à tous égards celle qu'il importe le plus de faire chez tous les sujets ; car de l'exactitude des impressions visuelles, auditives et motrices reçues dans le cours de l'enseignement, et dans le cours de la vie, dépend essentiellement la valeur intellectuelle d'un sujet.

On détermine la précision ou l'exactitude des images formées par un sujet donné non pas directement — il faudrait pouvoir comparer à l'objet l'image qui en est résultée — mais indirectement par la détermination du seuil différentiel. Plus un sujet donné distingue des différences minimes entre des impressions visuelles, auditives, motrices, plus ses sensations sont précises, plus les images qui en dérivent sont exactes.

La précision de l'imagination dépend de l'accommodation parfaite, de la finesse de l'organe, de la force de l'attention. On mesure la finesse d'un organe mis au point multipliée par l'attention en forçant le sujet à distinguer des différences successivement décroissantes ; le degré de l'échelle auquel le sujet s'arrête traduit indirectement le degré de précision de l'imagination correspondante.

Pour tous les élèves, depuis les plus jeunes jusqu'aux plus âgés, on se servira de tests du même genre : Carrés comparés à des pseudo-carrés qui seront en réalité des rectangles : aux jeunes élèves on montrera des rectangles sensiblement différents, aux élèves plus âgés des rectangles presqu'identiques à des carrés. On procédera de même avec des triangles, des cercles, des lignes.

Pour les couleurs on montrera des solutions d'aniline, rouge, blanc, violette etc. à des degrés variables de concentration appropriant les tests à l'âge des sujets. On agira de même pour les sons ; une corde vibrante tendue sur un chevalet mobile que l'on déplacera pour produire sur les deux moitiés de la corde des nombres de vibrations différant entre eux comme on le voudra.

Détermination de la netteté de l'imagination

Pour mesurer la netteté des images cérébrales on emploiera le procédé suivant : retourner des mots, des séries de sons, des suites de mouvements.

Rien de plus aisé que de retourner — bien entendu mentalement et de façon à pouvoir énoncer le mot d'un trait — les mots *un, la, il* et d'en faire *nu, al, li*. Mais la difficulté croît très rapidement avec la longueur des mots. Aux enfants les plus jeunes on fera retourner des mots d'une syllabe, voire d'une syllabe de deux lettres ; aux enfants plus âgés des mots monosyllabiques de plusieurs lettres, puis des mots de deux syllabes, de trois syllabes. La longueur moyenne des mots que chaque sujet parviendra à retourner mentalement de façon correcte mesurera la netteté de son imagination.

On agira de même avec des suites de sons longs et brefs, par exemple : ā ă qui devra devenir ă ā ; ā ă ă à retourner en ă ă ā. On pourra également faire retourner des séries de mouvements.

Appréciation du pouvoir de combinaison

Mesurer — c'est-à-dire déterminer exactement de façon à pouvoir traduire les résultats obtenus en chiffres — la puissance de la faculté de combinaison n'est

à coup sûr pas réalisable dans les classes. Mais il est possible, il est utile de faire des exercices permettant d'apprécier d'une façon objective la faculté de combinaison chez les enfants les plus jeunes comme chez les plus avancés. Il est possible de classer entre eux des enfants du même âge au point de vue de leur capacité de combiner des images, et même de déterminer si un enfant d'un certain âge est au point de vue de cette faculté supérieur ou inférieur à la généralité de ses petits camarades.

Pour les tout jeunes élèves l'exercice de mensuration sera des plus simples ; il consistera à relier deux mots, nullement disparates, dans une phrase très courte. Par exemple, *père* et *fils ;* l'enfant devra pouvoir relier les tests en formulant : « le père aime le fils », ou « le fils aime le père ».

Les enfants plus agés feront entrer dans une phrase trois, quatre, voire cinq termes, tous faciles et pouvant se relier aisément les uns aux autres.

Pour les enfants des classes supérieures on proposera des termes difficiles à combiner. Un enfant de 14 ans a relié comme suit les séries de termes suivants : *cheval*, *lune*, *allumette :* « Un *cheval* mal éclairé par la *lune* marcha sur une *allumette.* » Cette phrase à été formée dans l'espace de 10 secondes.

Au moyen des tests « *justice*, *rat*, *empereur*, le même élève a formé la phrase : « la *Justice* chez les *rats* est supérieure à celle des *empereurs* », durée 8 secondes.

Dans les exercices de ce genre on apprécie la faculté de combinaison et par la rapidité de composition et par le naturel de la phrase inventée, sa vérité, sa portée. Voilà pourquoi un semblable exercice ne saurait être appelé une mensuration. Par contre l'appréciation que l'on en tire est de loin plus précise que celles que l'on déduit d'un devoir de style, au point de vue de la faculté de combinaison tout au moins.

IV

ÉDUCATION DE L'IMAGINATION

Le maître ayant mesuré par les procédés décrits plus haut, la quantité, la qualité, l'exactitude, la netteté et le pouvoir de combinaison de l'imagination de chacun des élèves de sa classe, doit s'efforcer de développer largement, harmonieusement, profondément cette précieuse faculté chez tous les enfants confiés à ses soins.

Car l'imagination est une des facultés dont l'enfant et l'adulte usent le plus dans la vie. Il faut de l'imagination pour résoudre toutes les difficultés qui chaque jour surgissent autour de nous dans toutes nos activités. Il faut de l'imagination pour puiser dans l'atmosphère lourde et grise qui nous enserre de toutes parts, les lueurs, les sons et les inflexions heureuses qui éclairent d'un reflet cet opaque brouillard.

Il faut donc que tout maître forme l'imagination de ses élèves, non en la faisant travailler au hasard mais en l'enrichissant, c'est-à-dire en augmentant autant que possible le nombre des représentations sensibles qui constituent le fond sur lequel la faculté d'invention travaille. Il convient qu'il l'harmonise, c'est-à-dire veille à ce que ce fond soit suffisamment riche en images de toutes sortes et non uniquement en représentations d'une seule espèce. Il doit le vivifier, cela veut dire rendre les diverses images aussi intenses que possible. Il doit clarifier ce fond en obligeant le sujet à donner à toutes ses représentations sensibles une grande netteté de contours et de détails. Il doit apprendre aux élèves à se servir de ce riche dépôt en des combinaisons promptes, naturelles, en des inventions attrayantes et originales.

Pour atteindre à l'école primaire ce sextuple but,

l'instituteur dispose de l'enseignement imposé par les programmes et d'exercices orthopédiques spéciaux destinés à réaliser un entraînement mesuré et graduel.

Examinons d'abord comment dans l'enseignement classique tel qu'il est imposé actuellement, on peut développer au maximum l'imagination des élèves.

Le développement de l'imagination peut se faire par l'enseignement oral, écrit et démonstratif.

Il faut considérer au point de vue du développement de l'imagination les exercices spéciaux d'une part, la méthodologie générale d'autre part.

Les exercices spéciaux

On entend par exercices spéciaux des énoncés oraux ou écrits de divers produits de l'imagination. Ils peuvent revêtir de multiples formes, mais se réduisent foncièrement à des descriptions ou à des narrations. Celles-ci doivent être considérées au point de vue du fond et au point de vue de la forme.

Au point de vue du fond, une description est une juxtaposition de représentations sensibles dans l'espace ; une narration, une succession de représentations sensibles dans le temps. Au point de vue de la forme, la description comme la narration est l'expression verbale énoncée ou écrite de ces représentations sensibles reliées entre elles dans l'espace ou dans le temps.

Voilà une distinction nette et qui définit ce que doit ou mieux ce que devrait être le fond et ce que doit ou ce que devrait être la forme d'un exercice d'imagination. Dans la réalité il n'en est pas toujours ainsi. Généralement c'est le fond qui manque le plus.

Ce fond en effet, chez la plupart des sujets, est composé d'une part de représentations sensibles puisées dans l'observation directe des choses — cet élément

original est généralement très pauvre — d'autre part des représentations sensibles puisées dans les lectures, les leçons, les conversations ; ce second élément est de loin prépondérant. Or ces représentations puisées dans les livres et les discours ne contiennent que très peu de réalité. C'est un mélange d'images verbales et d'impressions vagues associées à ces images verbales. Ces dernières ont été formées par un sujet ne possédant qu'un petit nombre d'images pauvres et imprécises des réalités.

L'élève brodant sur ce fond plus riche, et de beaucoup, en images de mots qu'en images de choses, produit nécessairement des descriptions et des narrations dans lesquelles les mots jouent le rôle principal. De là l'incohérence, le manque de réel dans les devoirs et exercices de style. Il semble que le caractère le plus saillant de l'imagination infantile soit l'invraisemblance.

L'enfant imagine sans tenir compte des possibilités, parce que cet exercice lui est plus facile. Le fond sur lequel il brode étant composé de deux, trois, voire dix images de mots pour une image de chose, il lui faut moins d'effort pour combiner les premières que les secondes. Et la composition même de ce fond imagé est la conséquence de son inexpérience. Elle provient, cette inexpérience, de sa jeunesse d'abord — à ce mal il n'est point de remède — de la façon dont il s'instruit et dont on l'instruit — ici le remède existe, nous l'avons signalé bien des fois au cours de ces leçons, on ne développe pas suffisamment les yeux, les oreilles, tous les sens ; l'enfant ne sait ni regarder, ni écouter, ni palper. On ne songe pas à faire sérieusement et longuement chez chacun l'éducation sensorielle, systématique et graduelle.

Les récents et si suggestifs travaux faits sur la valeur du témoignage des enfants confirment de façon péremptoire cette vérité d'importance capitale.

Comment dans les exercices spéciaux remédier à la pauvreté de l'imagination en représentations directement puisées dans la réalité ?

On emploie dans les écoles une méthode qui semble remédier à ce manque d'expérience des élèves et qui en réalité le masque. Il consiste à préparer en classe avec le concours du maître et celui de tous les élèves, le canevas de l'exercice de style à faire. Qu'il s'agisse par exemple de décrire un matin d'été à la campagne, le maître interroge chaque élève : « que direz-vous ? et vous ? » Les sujets interrogés ayant des imaginations pauvres en représentations des choses, mais nécessairement diverses, on parvient à puiser dans cette foule un nombre de représentations relativement riche. Mais pour chacun des élèves pris individuellement cet ensemble d'images n'a pas du tout la même signification. Telle qui est vive et vécue chez l'un est indécise et essentiellement verbale chez les autres.

Dans nombre d'écoles, depuis quelques années du moins, on invite les élèves à décrire des impressions personnelles ; on prépare la description en faisant avec tous les sujets une exploration du milieu à dépeindre. Ce procédé, s'il est judicieusement appliqué, est à coup sûr le meilleur. L'enfant ne doit être invité à décrire et à raconter que ce qu'il a observé directement, ce qu'il a vécu.

Quant à la forme, les exercices spéciaux relèvent bien plus de la mémoire et du jugement que de l'imagination.

Ce sont les règles de la lexigraphie et de la syntaxe qui président au choix, à la forme, à la disposition des mots. Les lois et préceptes de la composition littéraire déterminent l'ordre et la disposition des phrases et ensembles de phrases. L'imagination intervient faiblement dans le choix des mots et la forme des phrases ; elle intervient davantage bien que indirectement dans

la force, la vérité de l'expression. Ne serait-ce pas à ce dernier point de vue un exercice excellent que celui-ci : narrer un récit inventé dans un milieu vu ? Placer l'enfant dans une campagne, dans une rue, dans une salle, lui faire imaginer dans ce milieu-là une aventure quelconque? N'arriverait-on pas à donner au récit inventé la puissance, la vérité, le relief du cadre réel dans lequel il serait placé ?

La méthodologie générale

L'enseignement oral, écrit et démonstratif partout et toujours doit viser à développer au maximum l'imagination de tous les élèves. Il doit la développer quantitativement. Il y parviendra si le maître observe les conditions définies précédemment et qui visent la façon de produire chez les élèves des images visuelles, auditives et motrices, ayant le maximum d'intensité. Car plus ces images seront vives, plus elles persisteront dans le cerveau du sujet, plus riche sera chez celui-ci le fond de représentations sensibles emmagasiné.

Il doit la développer qualitativement, de façon harmonieuse, se garder de créer des types ou même de favoriser le développement unilatéral de ceux qu'il rencontre parmi ses élèves. Il doit réaliser avec une intensité maxima toutes les formes de son enseignement aussi bien la visuelle que l'orale et la démonstrative.

Il doit vivifier, intensifier les images cérébrales de ses élèves. Il y parviendra en leur apprenant à observer, à bien accommoder, à contrôler par eux-mêmes. Et ici aucun sens n'a un rôle comparable à celui du sens musculaire. On peut en effet contrôler, le mètre ou le double décimètre à la main, presque toutes ses appréciations. Tout écolier doit avoir un double décimètre et s'en servir le plus souvent possible.

Enfin pour donner à ses élèves des représentations nettes, il faut les engager à réfléchir, à se replier sur eux-mêmes. C'est par le travail mental qu'on y parvient le plus aisément. Calculer, réciter intérieurement, composer, *faire* l'enseignement en un mot, voilà la méthode idéale. Nous voudrions voir dans les classes supprimer tous les manuels — ceux-ci ne devraient servir qu'à l'étude pour repasser les leçons — supprimer tout ce qui est indication d'un travail à faire, toute préparation de devoir autre que le devoir-répétition. En classe il faut apprendre à apprendre en apprenant.

V

CULTURE SPÉCIALE ORTHOPÉDIQUE DE L'IMAGINATION

Il ne suffit pas de connaître d'une façon précise la valeur de l'imagination d'un enfant aux divers points de vue de l'abondance des représentations, de la nature des images dominantes, de leur intensité, de leur précision, de leur netteté, du pouvoir de combinaison et d'invention du sujet ; et de tenir compte de ces divers facteurs dans l'orientation générale que l'on donne à l'enseignement classique ; il faut encore directement exercer chez tous les sujets la faculté de former des représentations nombreuses et harmonieusement choisies, de les aviver, de les préciser, de les combiner et cela par des exercices orthopédiques appropriés à la force ou mieux à la faiblesse de chaque sujet. Un pianiste jouant chaque jour d'un trait ses gammes et d'autres exercices d'entraînement, donnera toujours avec moins de force et moins de nuances précises les notes frappées par le quatrième et le cinquième doigt.

A force d'attention et de volonté il parviendra à atténuer cette différence entre les notes frappées par les doigts faibles et moins sensibles et les doigts forts ; il parviendra beaucoup plus rapidement, plus sûrement et plus complètement à l'égalite parfaite en exerçant chaque doigt faible à part dans la mesure de son infériorité relative. Il faut renforcer les parties faibles en raison de leur faiblesse.

Ainsi doit-on procéder dans la culture des facultés intellectuelles. Il convient donc d'organiser des exercices orthopédiques spéciaux développant l'imagination en quantité, en qualité, en intensité, en précision, en netteté, en pouvoir de combinaison et d'invention.

Signalons à titre d'exemple et parmi beaucoup d'autres, quelques exercices orthopédiques développant l'imagination.

En quantité. — Pour enrichir l'imagination d'un sujet, pour lui apprendre à puiser dans les milieux qu'il traverse, le plus grand nombre possible d'impressions, il faut recourir à des exercices généraux d'entraînement indirect, et à des exercices spéciaux d'entraînement direct. Les premiers sont d'une part l'éducation sensorielle ou affinement progressif et mesuré des principaux organes des sens et surtout des sens visuel, auditif et musculaire, d'autre part, ceux qui développent l'attention. Les exercices spéciaux, les seuls dont nous parlerons ici, consistent à puiser à un moment donné soit dans le milieu ambiant, soit dans ses souvenirs, en un temps strictement mesuré, le plus grand nombre de représentations sensibles de toute nature.

Pour les tout jeunes enfants on se contentera de présenter des séries d'images en invitant les sujets à désigner dans chacune d'elles le plus grand nombre d'objets aperçus (couleurs différentes, personnages,

objets, etc.). — Les enfants plus âgés seront invités à désigner le plus grand nombre d'objets ou d'impressions perçues dans la classe, la cour, la ville, etc. — Enfin ceux pour lesquels écrire les tests n'exige plus d'attention intense, écriront en un temps donné, le plus grand nombre d'impressions d'images recueillies dans un milieu déterminé, ou puisées dans leur mémoire. Ces exercices se feront au concours de façon à stimuler l'émulation des élèves de tout âge.

En qualité. — Tout maître doit connaître le côté faible de l'imagination de chaque élève, et instituer pour ceux qui sont peu visuels des exercices portant uniquement sur les impressions visuelles puisées dans le milieu ambiant ou parmi les souvenirs accumulés. Il doit agir pareillement pour ceux qui ont peu d'images auditives et surtout pour ceux qui ont peu d'images motrices. On a songé à développer dans l'enseignement la supériorité de l'imagination et de la mémoire typique de certains sujets, c'est là une erreur grave. De ceci la vie se charge suffisamment.

En intensité. — Pour entraîner un sujet à former spontanément de toutes les impressions courantes des représentations vives et profondes, il faut l'exercer à percevoir avec des organes sensoriels aiguisés et renforcés par une attention périphérique supérieure. On obtient ce résultat en exerçant les sujets à distinguer des impressions de plus en plus faiblement différentes entre elles.

Exemples d'entraînement visuel : A côté d'un flacon contenant de l'eau pure on place une série d'autres flacons dont l'eau a été teintée en rouge, ou en bleu, ou en violet, mais au moyen de quantités très faibles, connues, de substance colorante. Ainsi à côté du flacon étalon (eau pure) se place le flacon contenant 1 gramme

de matière colorante; si le sujet perçoit la différence des teintes, on substitue alors au flacon contenant 1 gramme, un autre flacon contenant 0,9 gramme; le sujet, par hypothèse, perçoit encore la différence. On continue de la sorte présentant successivement des flacons contenant 0,8 gramme, 0,7 gramme. Les sujets qui au début des exercices hésitaient à un certain degré de l'échelle des intensités descendantes, arrivent par l'exercice à distinguer des différences de plus en plus faibles. Les enfants les plus jeunes distingueront seulement des différences considérables, les plus âgés des différences moindres. Tous, après quelques exercices, distingueront sensiblement mieux qu'au début.

Exemple d'entraînement auditif : Une corde tendue est soutenue au milieu par un chevalet. On déplace celui-ci jusqu'à ce que le son produit par la plus courte moitié paraisse plus élevé que celui qui donne l'ébranlement de la moitié la plus longue. Au début, et toujours pour les enfants très jeunes, il faudra déplacer le chevalet de plusieurs millimètres, voire d'un centimètre ou davantage ; peu à peu à force d'exercices, le déplacement nécessaire décroîtra. On peut encore faire tomber sur une plaque sonore deux corps égaux partis de hauteurs inégales graduellement égalisées.

Exemple d'exercice d'entraînement moteur : Deux boules, de mêmes dimensions, l'une pesant dix fois autant que l'autre, sont abandonnées dans l'espace en même temps ; les sujets percevront la différence des vitesses de chute au moment où les deux boules passeront devant un tableau immobile. En diminuant progressivement le poids de la boule la plus pesante on parviendra à faire constater des différences de vitesse de plus en plus réduites.

En exactitude ou précision. — On organisera des exercices analogues à ceux que nous venons de décrire

mais en s'adressant principalement au sens musculaire. On fera donc percevoir des différences graduellement décroissantes de poids, de longueur, de dimensions diverses en *faisant contrôler* ses impressions au moyen de la balance, du mètre, du double décimètre.

On fera comparer à 1 kilo suspendu au moyen d'une ficelle terminée par un anneau de gutta-percha que l'on passera à l'index de la main droite, des poids inférieurs, 1/2 kilo, 1/4 kilo, pour les tout jeunes enfants ; 900 grammes, 800 grammes, pour les enfants plus âgés ; 990 gr., 980 gr., 970 gr., etc., pour les plus âgés. On fera des exercices analogues en prenant pour étalon non plus 1 kilo, mais 100 grammes, etc.

On fera comparer à une longueur étalon de 10 centimètres (ligne noire sur fond blanc) des séries de lignes de 11, 12, 13 centimètres ; de 9, 8, 7 centimètres pour les tout jeunes enfants ; de 11, 10,9, 10,8, 10,7, etc., de 9,9, 9,8, 9,7, etc., pour les enfants plus âgés ou déjà entraînés. On fera après coup mesurer au double décimètre les tests déclarés égaux.

On procédera pareillement pour les carrés et les cercles.

En netteté. — Pour rendre l'imagination nette les sujets s'exerceront à retourner mentalement et le plus rapidement possible des séries de mots de plus en plus longs. Les plus jeunes enfants s'exerceront à retourner des mots d'une syllabe de deux lettres ; les plus âgés des mots de plusieurs syllabes, composées chacune de trois, quatre, cinq lettres.

On développera chez tous les écoliers la netteté de l'imagination en les forçant autant que possible à faire tout travail de mémoire, mentalement.

En pouvoir de combiner et d'inventer. — Pour les tout petits l'exercice consistera à faire une phrase dans

laquelle entrent deux mots donnés comme tests; graduellement la difficulté sera accrue, on augmentera le nombre de mots à énoncer. Ces mots, d'abord faciles à joindre, seront dans les exercices suivants de plus en plus disparates. On peut indéfiniment augmenter la difficulté des exercices en multipliant les tests et en les choisissant de plus en plus disparates.

J. J. Van Biervliet.

LES RECHERCHES

DE MENDEL ET DES MENDELISTES

SUR L'HÉRÉDITÉ (1)

(Suite et fin).

II. Les travaux des mendélistes

A. *Découverte des travaux de Mendel. Renouveau du mendélisme.*

Les mémoires de Mendel demeurèrent longtemps ignorés du monde savant. Il est vrai qu'ils avaient paru dans le Recueil d'une société régionale, peu répandu dans les bibliothèques. Cette circonstance ne suffit cependant pas à expliquer la méconnaissance dont ils furent victimes. Mendel, en effet, avait lui-même envoyé ses travaux à Naegeli, l'un des plus célèbres botanistes de l'époque et, d'autre part, les «Verhandlungen» de la Société de Brünn étaient reçues par quelques grandes bibliothèques, entre autres à la Société linnéenne de Londres. Peut-être faut-il avec Bateson expliquer cette indifférence des biologistes par l'apparition récente et l'immense succès de l' « Origin of Species » de Charles Darwin, qui, pendant quelque temps, accapara toute l'attention du monde savant.

(1) Voir la Revue des Questions scientifiques, 3e série, t. XX, livraison du 20 octobre, p. 353.

C'est en 1900 que les mémoires de Mendel furent « découverts ». En cette même année, trois botanistes, Hugo de Vries, Correns, Tschermak, ayant entrepris, indépendamment l'un de l'autre, des recherches sur l'hérédité en cas de croisement, furent conduits à retrouver, pour le monohybridisme et le polyhybridisme, des lois essentiellement analogues à celles de Mendel et même à proposer, à leur tour, l'hypothèse de la pureté des gamètes. Ce n'est qu'après avoir terminé leurs recherches et s'être fait une opinion sur l'interprétation des faits que, guidés par une brève mention de Focke (1), ils prirent connaissance des mémoires de Mendel et y retrouvèrent les lois et les hypothèses qu'ils venaient de formuler. Peu de temps après, parurent les premières recherches mendéliennes sur les animaux, dues à Bateson et à Cuénot.

Au début de ce siècle, le moment était particulièrement propice pour le succès de pareilles recherches. Les études de Biologie cellulaire, à peine nées au temps de Mendel, étaient entrées, depuis 25 ans, dans une phase de brillante activité. Entre autres, les phénomènes nucléaires qui signalent la maturation des cellules reproductrices commençaient à se dévoiler. D'autre part, les cytologistes avaient fait grand succès à l'hypothèse qui voit dans le noyau de la cellule le véhicule des potentialités héréditaires et on s'appliquait à rechercher, dans le détail de l'évolution nucléaire, le secret des manifestations variées de l'hérédité. Aussi un très vif intérêt s'attacha-t-il aux phénomènes mendéliens, qui apportaient le premier exemple d'une hérédité s'accomplissant suivant des lois rigoureuses et par conséquent, autorisaient la recherche précise d'une explication cytologique de la transmission héréditaire. L'intérêt grandit encore lorsque l'on crut avoir

(1) L'ouvrage de Focke : *Die Pflanzenmischlinge*, Berlin 1881, est le seul qui, avant 1900, consacre quelques lignes aux travaux de Mendel.

trouvé, dans les processus de la maturation des cellules reproductrices, le mécanisme de la ségrégation gamétique que comportait l'hypothèse de Mendel.

Le Mendélisme est maintenant devenu un des chapitres les plus importants de la Biologie générale. Il a ses écoles qui groupent toute une pléiade de travailleurs : en Angleterre, Bateson et ses collaborateurs : Saunders, Punnett, Durham, Hurst, Gregory, Lock, Wheldale, Doncaster ; en Allemagne, Correns, Baur, Haecker ; en Hollande, de Vries, Tammes ; en France, Cuénot, Coutagne, Vilmorin ; en Autriche, Tschermak; en Suède, Nilsson-Ehle ; en Suisse, Lang ; aux États-Unis, Davenport, Shull, Mac Dougal, Morgan, Castle, East, Hagedoorn, Tower ; au Japon, Toyama ; et d'autres.

Le Mendélisme a ses revues : les Reports to the Evolution committee of the Royal Society (Londres), les Publications of the Carnegie Institution (Washington), le Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre (Berlin), l'American Naturalist (New-York), le Journal of Genetics (Londres), lui font une part très large ; d'autres recueils, très nombreux, publient, eux aussi, des recherches mendéliennes.

Aussi le nom du savant moine de Brünn est-il devenu de plus en plus glorieux. « Meine Zeit wird kommen », disait-il à ses amis. La prophétie s'est réalisée et on pourrait caractériser en partie l'époque scientifique actuelle en l'appelant « l'ère du mendélisme » (1).

Notre intention ne peut pas être ici d'exposer les résultats de tous les travaux qui ont été publiés par les

(1) Nous ne pouvons songer à donner ici une bibliographie complète du mendélisme. Nous voudrions cependant indiquer les principaux ouvrages synthétiques auxquels pourront recourir ceux de nos lecteurs qui désireraient, sur la question, plus de renseignements que ne leur en donnera le présent article. — Certains ouvrages sont consacrés uniquement au mendélisme. Ce sont : Bateson, *Mendel's principles of Heredity*, 2e édition, Cambridge,

mendélistes. Nous voudrions seulement, par un choix d'exemples représentatifs, donner au lecteur un aperçu clairement ordonné des *extensions* nouvelles, des *applications* variées et des plus importantes *modifications* que les recherches récentes ont apportées aux lois et aux conceptions de Mendel.

Nous insisterons spécialement sur les catégories de faits qui peuvent présenter une plus grande importance au point de vue des théories, c'est à dire au point de vue de l'hypothèse mendélienne et des compléments qu'elle a reçus. Mais nous accorderons un soin tout spécial à tracer la démarcation entre les résultats positifs des expériences et les explications qui tendent à en rendre compte.

Pour assurer la clarté de notre exposé, il nous faut, dès maintenant, définir certains caractères du mendélisme d'aujourd'hui.

Avant tout, une question de terminologie. Tous ceux qui adoptent l'hypothèse de la pureté des gamètes, admettent qu'un individu de race pure provient de la

1909 ; ouvrage fondamental en la matière, un peu dur à lire sans une initiation préalable ; — Correns, *Über Vererbunggesetze*, Berlin, 1905 ; brochure déjà un peu ancienne, mais demeurée fort intéressante ; — Punnett, *Mendelism*, 3e édition, Londres, 1911 ; petit ouvrage très clair, utile pour une première initiation, mais un peu simpliste. D'autres ouvrages, envisageant d'une manière plus générale les questions de l'hérédité, consacrent de longs chapitres au mendélisme. Ce sont : Baur, *Einführung in die experimentelle Vererbungslehre*, Berlin, 1911 ; traitant surtout, avec une remarquable lucidité, du mendélisme dans les plantes et principalement d'après les expériences personnelles de l'auteur ; — Goldschmidt, *Einführung in die Vererbungswissenschaft*, Leipzig, 1911 ; les chapitres sur le mendélisme constituent l'exposé le plus complet de la question, ils sont en même temps très clairs et très bien ordonnés ; — Haecker, *Allgemeine Vererbungslehre*, Braunschweig, 1911 ; fort intéressant surtout parce que l'auteur y développe, en relation avec le mendélisme, ses conceptions cytologiques. Les ouvrages sur l'hérédité, de H. de Vries, de Johanssen, de Godlewski, de Lock, de Cuénot, de Thomson, renferment des exposés plus abrégés des lois mendéliennes. Dans les pages qui vont suivre, nous ne citerons les mémoires originaux que lorsque leurs résultats ne se trouvent pas encore mentionnés dans les traités que nous venons d'indiquer.

fusion de deux gamètes *homodynames*, porteurs de la même potentialité allélomorphique ; et qu'au contraire, un individu hybride, apte par conséquent à fournir une descendance disjointe, est issu de la fusion de deux gamètes *hétérodynames* (1). Bateson a proposé de recourir à cette conception pour définir d'un nom la pureté de race ou la nature hybride d'un organisme. Un individu de race pure est appelé *homozygote*, pour désigner que la zygote ou œuf dont il provient a pris naissance par la fusion de deux gamètes homodynames ; un individu hybride est, au contraire, appelé *hétérozygote*.

D'autre part, on donne souvent le nom de *caractères unités*, à ces caractères différentiels qui, dans la dissociation mendélienne, se comportent comme des unités antagonistes et on se sert du nom de *facteurs héréditaires* ou, à la suite de Johanssen, du nom de *gènes*, pour désigner ce quelque chose qui rend un gamète donné porteur d'une capacité allélomorphique précise et détermine dans l'individu nouveau l'apparition du caractère-unité correspondant. D'autres auteurs, avec Cuénot, maintiennent, pour désigner les facteurs, le nom de *déterminants*, emprunté à la terminologie de Weismann.

L'hypothèse elle-même de Mendel a revêtu chez beaucoup d'auteurs modernes une forme nouvelle que l'on désigne par l'expression : *présence et absence*. Mendel ne semble pas avoir essayé de se faire une représentation de la nature réelle des facteurs allélomorphiques. Il s'exprime néanmoins comme s'il pensait que les caractères récessifs et les caractères dominants sont, les uns aussi bien que les autres, représentés dans les gamètes par des *facteurs positifs*. Actuellement, au contraire, beaucoup d'auteurs admettent qu'à chaque paire allélomorphique de caractères-unités, ne corres-

(1) Ces expressions : homodynames et hétérodynames, n'ont pas encore, à notre connaissance, été employées jusqu'ici. Nous pensons qu'elles pourront rendre des services.

pond qu'*un seul facteur* héréditaire positif. Dans le cas d'hybridisme avec dominance, la manifestation du caractère dominant résulterait de la *présence* et de l'entrée en action du facteur héréditaire correspondant, soit que celui-ci ait été apporté à la fois par les deux gamètes (dominant homozygote), soit qu'il n'ait été fourni que par une seule des cellules sexuelles (dominant hétérozygote) ; au contraire, l'apparition du caractère récessif résulterait simplement de l'*absence* du facteur héréditaire. Dans cette hypothèse, on conçoit donc l'individu dominant comme représentant, pour ainsi dire, un « individu récessif avec, en plus, quelque chose » ; la plante de pois à tige longue est l'homologue d'une plante de pois à tige courte, mais avec, en plus, quelque chose qui la rend longue.

Pour les croisements où l'hybride manifeste une forme intermédiaire, par exemple la couleur rose-clair dans le cas du *Mirabilis Jalapa*, on admet que l'un des caractères parentaux (la couleur rose-foncé) résulte de ce que le facteur « coloration » se trouve présent dans l'individu homozygote *en dose double ;* le second caractère parental (la teinte blanche) s'explique par l'*absence complète* du facteur héréditaire ; enfin le caractère intermédiaire de l'hybride provient de ce que le déterminant de la coloration, n'ayant été apporté que par l'un des gamètes, ne se trouve donc présent qu'*en dose simple*.

D'après cette conception, les deux sortes de gamètes allélomorphiques sont donc caractérisées par ceci que l'une des deux porte le facteur héréditaire tandis que la seconde en est dépourvue. Dans la représentation symbolique adaptée à cette hypothèse, on désigne la présence du déterminant par une lettre majuscule et son absence par la lettre minuscule correspondante.

Voici par exemple comment on exposerait et représenterait le cas de dihybridisme que nous avons emprunté à Mendel.

Appelons R le facteur qui détermine la forme arrondie des pois ; r désignera l'absence de R, entraînant la manifestation du caractère : pois anguleux. Appelons pareillement J le facteur qui détermine la coloration jaune des graines ; j désignera l'absence de J, entraînant l'apparition du caractère : pois verts. Pour entrer davantage dans l'esprit de l'hypothèse, nous dirions plutôt que l'absence des facteurs R et J *laisse* aux pois leur forme anguleuse et leur coloration verte, tandis que la présence de ces déterminants les *élève* à la forme arrondie et à la coloration jaune.

Cela étant, l'hybride aura pour formule Jj Rr et produira quatre sortes de gamètes :

JR, Jr, jR, jr

La composition génotypique et phénotypique de la génération F_2 sera représentée par le tableau suivant (1) :

JR JR / JR	JR Jr / JR	JR jR / JR	JR jr / JR
Jr JR / JR	Jr Jr / JR	Jr jR / JR	Jr jr / Jr
jR JR / JR	jR Jr / JR	jR jR / jR	jR jr / jR
jr JR / JR	jr Jr / Jr	jr jR / jR	jr jr / jr

(1) De même que plus haut, nous indiquons, dans la partie gauche de chaque carré, les symboles des deux gamètes fusionnés et par conséquent la valeur génotypique de l'individu, tandis que le symbole qui, dans chaque carré, se trouve à droite, indique le caractère phénotypique de l'individu.

Il en résulte phénotypiquement : 9 JR (jaunes ronds), 3 Jr (jaunes, non ronds = anguleux), 3 jR (ronds, non jaunes = verts), 1 jr (ni jaunes ni ronds = verts anguleux).

Telle est l'hypothèse de « présence et absence ». Elle n'a pas rallié tous les auteurs. Cuénot, entre autres, continue à opposer, l'un à l'autre, pour une même paire allélomorphique, deux déterminants positifs.

Dans tout ce chapitre, nous entendons seulement exposer les travaux des mendélistes et leurs interprétations, sans entrer dans la critique de celles-ci. Aussi emploierons-nous, à la façon des mendélistes eux-mêmes, les notions de facteurs et de déterminants et les termes : hétérozygote et homozygote.

B. *Extension des lois et de l'hypothèse de Mendel.*

Nous avons déjà montré plus haut que la dissociation des caractères, dans la descendance des individus hybrides, constitue le trait essentiel, la loi caractéristique de l'hérédité mendélienne et qu'au contraire, les phénomènes de dominance n'ont d'autre valeur que celle d'un cas particulier. Nous avons vu aussi que la loi de dissociation est double : elle affirme d'abord la disjonction des deux caractères antagonistes d'une même paire allélomorphique et, en outre, elle comporte, chez les polyhybrides, la dissociation indépendante des caractères qui appartiennent à des paires allélomorphiques différentes et qui se trouvent *associés* dans un même parent.

De nombreuses expériences récentes ont confirmé la loi de dissociation *dans toute son étendue*, en sorte que l'hypothèse de Mendel, supposant la production, dans chaque sexe, d'un nombre égal de gamètes de chaque espèce, peut leur être appliquée *dans toute sa*

rigueur. Ce sont ces expériences que nous allons exposer dans cette partie.

Sans essayer ici de formuler un jugement définitif sur la valeur de l'hypothèse de Mendel, nous voudrions néanmoins montrer au lecteur comment l'application des méthodes et des conceptions de Mendel a permis de déchiffrer des cas de plus en plus compliqués.

1. *Application du mendélisme aux animaux.*

Mendel avait entamé des recherches sur les animaux. Mais elles furent interrompues par les soucis de sa charge de prélat. Ce furent Bateson et Cuénot qui démontrèrent les premiers, dans divers animaux (mammifères et oiseaux), l'application des lois mendéliennes. Seulement une difficulté spéciale d'expérimentation se présente ici, que nous allons faire saisir par un exemple.

Cuénot croise la souris grise de nos maisons avec une souris albinos, de pelage blanc (planche II). Ces deux races se distinguent non seulement par la couleur de la robe mais aussi par la nuance des yeux, noirs dans la première, rouges dans la seconde. Mais ces deux caractères : nuance de la robe et teinte des yeux, se comportent comme un seul caractère-unité.

La génération F_1 est uniformément composée de souris grises. La pigmentation se montre donc, — et c'est une règle presque générale pour les deux règnes, — dominante sur l'albinisme.

Croisées entre elles, les souris hybrides de F_1 donnent une descendance de 198 grises (G) et 72 albinos (A). C'est, à peu de chose près, la formule mendélienne du monohybridisme : 3G, 1A et jusqu'ici, tout marche à souhait. C'est maintenant que survient la difficulté.

D'après les lois de Mendel, le lot des souris blanches de F_2 doit être de race pure : AA ; le lot des souris

grises, au contraire, doit comprendre un tiers d'individus de race pure (GG) et deux tiers d'individus hybrides (GA). Or, on peut établir aisément la pureté de race des souris blanches : croisées entre elles, elles n'ont produit que des souris blanches. Mais la difficulté se présente au sujet des souris grises de F_2. Pour se rendre compte, dans le cas des plantes, de la composition génotypique (2DR, 1DD) des dominants phénotypiques de F_2, il a fallu que Mendel les laissât produire, *par fécondation directe*, la génération F_3. Or, chez nos animaux, la fécondation indirecte existe seule.

Pour tourner l'obstacle, on recourt, entre autres, au mode d'expérimentation que Mendel employait comme contre-épreuve de son hypothèse. Si l'ensemble des souris grises de F_2 a bien pour formule génotypique : 2GA, 1GG et si, d'autre part, l'hypothèse de la pureté des gamètes est vraie, il en résulte qu'un tiers de ces souris ne produira que des gamètes G, tandis que les deux autres tiers produiront, par moitié, des gamètes G et, par moitié, des gamètes A. Si donc on croise tous les individus gris de la génération F_2 par des albinos (ne produisant que des gamètes A), on doit obtenir pour un tiers d'entre eux une descendance GA, donc uniformément grise (par dominance), et pour les deux autres tiers, une descendance composée, pour moitié, d'individus gris (GA) et, pour moitié, d'individus albinos (AA). Or, c'est le résultat que l'expérience a fourni, confirmant ainsi d'un seul coup et la loi de Mendel et son hypothèse.

2. *Physionomie de la génération* F_1. *Divers types de dominance et de formes intermédiaires* (1).

La question de la dominance et des exceptions qu'elle présente n'est pas fondamentale au point de vue mendéliste ; elle est cependant importante, car elle est appe-

(1) Ce point est longuement traité dans l'ouvrage de Goldschmidt.

lée à avoir son contre-coup sur la représentation que l'on doit se faire des facteurs ou déterminants qui entreraient en jeu dans l'hérédité mendélienne.

Nous avons déjà vu que la génération F_1 peut manifester une *dominance* assez complète de l'un des types parentaux, en ce sens qu'il est impossible de distinguer, du moins par l'examen extérieur, une forme dominante hétérozygote d'une forme dominante homozygote ; ou bien que la génération F_1 peut manifester une disposition *parfaitement intermédiaire* entre les deux caractères parentaux, comme dans le cas du *Mirabilis Jalapa* ou Belle-de-nuit rappelé plus haut.

A côté de ces deux types généraux de F_1, souvent observés, on peut distinguer d'autres cas assez nombreux.

a) Il faut d'abord signaler des cas de *transition* entre les deux types principaux : la physionomie de la génération F_1, tout en participant des deux formes parentales, n'est pas cependant parfaitement intermédiaire, car elle porte, d'une manière prépondérante, l'empreinte de l'un des parents.

En croisant une variété de *Mirabilis* à feuillage vert avec une variété à feuillage doré, Correns obtient une génération F_1 de coloration verte, mais d'une nuance plus pâle que celle de la race verte parentale. On trouve de nombreux exemples de ce type dans les deux règnes (1).

b) Il faut insister sur un cas spécial d'hybride mendélien intermédiaire, l'hybride *en mosaïque* : les deux caractères parentaux se manifestent, côte à côte, en des portions différentes de l'individu hybride. En croisant, dans la race de volaille dénommée Leghorn, une variété à plumage blanc avec une variété à plumage noir, Davenport obtient une génération F_1 dont les indi-

(1) Mendel connaissait de semblables cas.

vidus montrent un plumage noir tacheté de blanc ; parfois, la répartition des plages noires et des plages blanches est extrêmement menue, en sorte que le plumage paraît « pointillé ».

c) Les phénomènes de *variabilité dans la dominance* méritent aussi une attention spéciale. Cette variabilité peut d'abord dépendre de l'âge. Dans certains cas, la dominance de l'un des deux caractères ne s'établit dans la génération F_1 qu'après un certain temps. Dans le croisement d'une variété Leghorn albinos avec une variété noire, Davenport observe que les jeunes hybrides possèdent un plumage mélangé de blanc et de noir, mais que, plus tard, la couleur blanche seule persiste et devient dominante.

La variabilité peut aussi dépendre de la nature des races croisées. Dans le croisement d'une variété istrienne de ver à soie caractérisée par un cocon de couleur jaune avec une variété chinoise à cocon blanc, la génération F_1 produit des cocons jaunes. Mais d'autre part, le croisement de la même race istrienne à cocons jaunes avec une seconde variété à cocons blancs (dite de Bagdad) donne une génération F_1 à cocons blancs.

La variabilité de la dominance est enfin parfois liée au sens du croisement. Le croisement d'une variété de ver à soie à cocons blancs avec une variété à cocons de couleur saumon donne une génération F_1 dont les cocons sont de couleur blanche ou de couleur saumon, suivant que la race maternelle possède l'un ou l'autre de ces caractères.

d) Enfin, il faut mentionner les cas où la dominance est *inconstante* ou bien même tout à fait *irrégulière*. Des croisements identiques entre certaines variétés montrent, parfois, la dominance de l'un des caractères antagonistes, parfois, la dominance du second caractère. Ailleurs, la génération F_1 se compose, dans des proportions variées, de deux sortes d'individus dont

les uns reproduisent un des types croisés et les autres manifestent le second. Et, chose remarquable, les membres de la génération F_1 sont, les uns et les autres, hétérozygotes, ainsi que le prouve leur descendance.

3. *Apparition d'une forme nouvelle dans la génération* F_2.

Nous savons que, dans les cas de monohybridisme et de polyhybridisme, une forme nouvelle peut apparaître dès la génération F_1, mais qui ne représente qu'un type intermédiaire, plus ou moins équitablement partagé, entre les caractères *manifestés* par les parents. Outre cela, nous avons vu, dans les cas de polyhybridisme, des types nouveaux se manifester dans la génération F_2 ; mais ils dérivent simplement d'une association nouvelle entre des caractères *visibles* chez les parents ; telles sont, dans le croisement dihybride dont nous avons plusieurs fois parlé, les graines jaunes et anguleuses, les graines vertes et rondes.

Nous allons voir que, dans certains cas de monohybridisme apparent, des types nouveaux peuvent surgir à la génération F_2, qui ne représentent ni un intermédiaire entre les formes parentales, ni une association nouvelle des caractères *visibles* chez les parents (1).

L'étude de ces cas a suggéré des précisions nouvelles de l'hypothèse mendélienne. Nous les grouperons d'après ce point de vue.

a. *Collaboration de facteurs.*

Nous choisissons l'exemple le plus clair, celui de certains croisements entre souris grises et souris albinos (planche II) (2).

(1) C'est ce que Tschermak a appelé des « Kreuzungsnova », des nouveautés de croisement.

(2) La planche II reproduit, en partie, l'une des très belles planches du traité de Haecker.

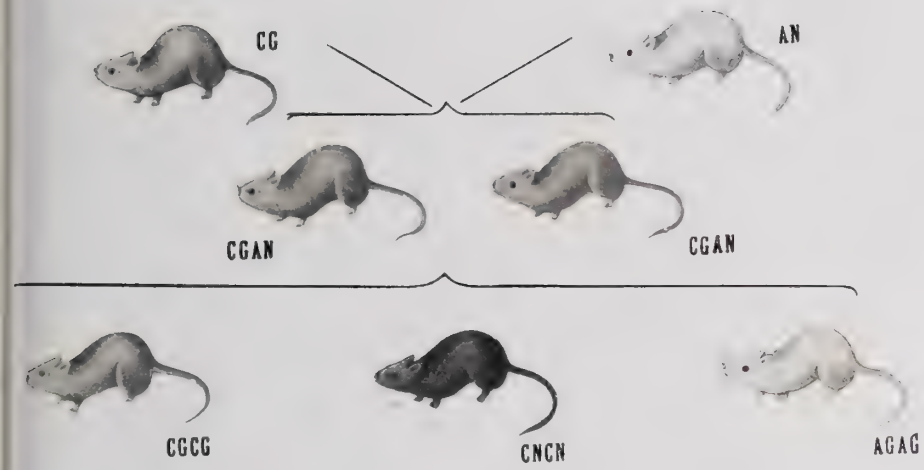
Assez généralement, comme nous l'avons déjà vu, le croisement entre ces animaux amène, après une génération F_1 uniformément grise, une génération F_2 composée de trois quarts de souris grises et d'un quart de souris blanches. Or, dans certains cas, la génération F_1 étant encore uniformément grise et paraissant donc monohybride, on voit que la génération F_2 se compose, outre les souris grises et les souris blanches, d'un certain nombre de souris *noires* (Planche II), la proportion étant : 9 grises, 3 noires, 4 blanches.

L'explication de ces résultats a été proposée la première fois par Cuénot. La ressemblance de la formule que nous venons de donner avec la formule mendélienne pour les dihybrides (9, 3, 3, 1) a fait naturellement penser que l'on se trouvait réellement devant un cas de dihybridisme et on a été ainsi conduit à admettre que le caractère, apparemment indivis, de la pigmentation, doit résulter en réalité de la *collaboration de deux facteurs, appartenant à deux paires allélomorphiques différentes.*

La définition de ces facteurs et l'interprétation de leur mode de collaboration diffèrent d'ailleurs d'après les auteurs, suivant qu'ils rejettent ou qu'ils admettent l'hypothèse de « présence et absence ».

Cuénot, qui n'adopte pas cette conception, admet que la pigmentation résulte de la collaboration d'un facteur, dit *chromogène*, qui confère la « colorabilité », mais ne détermine par lui-même aucune pigmentation, avec un second facteur, qui détermine, par son action sur le chromogène, la production effective du pigment mais est incapable, par lui-même, en l'absence du chromogène, de provoquer la pigmentation. Le facteur chromogène (C) est dominant par rapport au facteur de l'albinisme (A). D'autre part, le facteur déterminant de la coloration grise (G) est dominant par rapport au facteur déterminant de la coloration noire (N).

Cela étant, Cuénot donne à la souris grise parente


CG
AN
CGAN
CGAN
CGCG
CNCN
AGAG

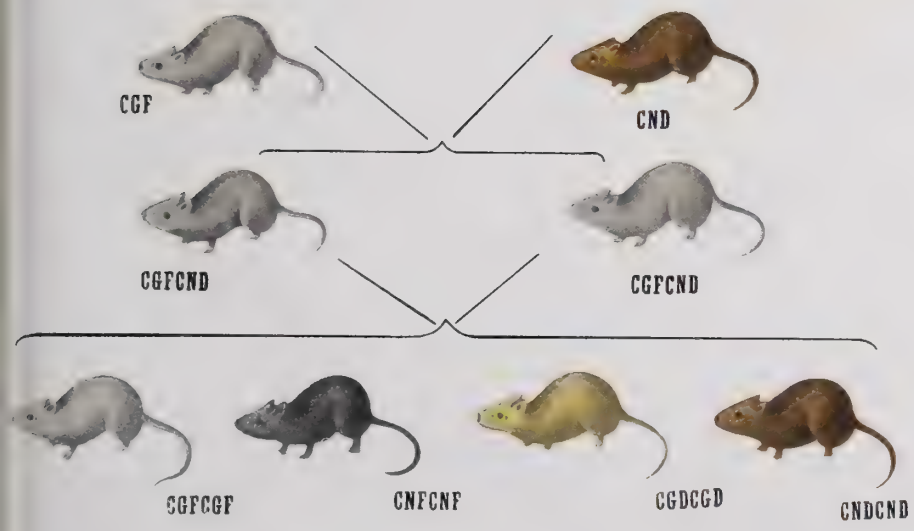

CGF
CND
CGFCND
CGFCND
CGFCGF
CNFCNF
CGDCGD
CNDCND

Planche II.

la formule CG et à la souris blanche la formule AN, cette dernière variété demeurant albinos, même en présence du facteur N, parce qu'elle possède le facteur A, qui rend N inopérant.

L'hybride a donc pour formule CAGN et produit, comme tous les dihybrides, quatre sortes de gamètes pour chaque sexe : CG, CN, AG, AN.

La composition de la génération F_2 est la suivante :

CG G CG	CG G CN	CG G AG	CG G AN
CN G CG	CN N CN	CN G AG	CN N AN
AG G CG	AG G CN	AG A AG	AG A AN
AN G CG	AN N CN	AN A AG	AN A AN

On voit donc que, sur 16 individus, 9 possèdent au moins une fois C et G et doivent donc être gris ; 3, dépourvus de G, possèdent au moins une fois C et N et doivent être noirs ; 4 enfin, possédant G ou N associés avec A, doivent demeurer albinos.

L'hypothèse s'adapte donc d'une façon remarquable aux données de l'expérience. Ajoutons qu'on l'a soumise à un autre contrôle. Le tableau que nous venons de dresser montre que les 4 albinos doivent être de trois formules différentes : 1 AAGG, 2 AAGN, 1 AANN. Si cela est vrai, on peut prévoir les résultats divers que

doivent amener les croisements de ces souris albinos avec des souris noires. On a réalisé ces croisements et les résultats obtenus se sont trouvés en conformité avec les prévisions de la théorie.

Les partisans de l'hypothèse « présence et absence » donnent, pour le cas des souris noires, une interprétation un peu différente de celle de Cuénot et qui introduit une notion spéciale. Aussi, nous la réservons pour le paragraphe suivant.

Insistons encore sur l'élément nouveau (1) que l'explication de ces expériences incorpore à l'hypothèse de Mendel. On admet maintenant qu'un caractère phénotypique unique peut résulter de la collaboration de deux facteurs, inefficaces lorsqu'ils sont isolés, appartenant à deux paires allélomorphiques différentes et *appelés à subir indépendamment l'un de l'autre la ségrégation*. On tient donc que *ce qui mendélise*, c'est-à-dire ce qui subit la dissociation, ce ne sont pas les *caractères*, mais les *facteurs héréditaires*. Il en résulte tout de suite que des compositions phénotypiques de F_2 apparemment désordonnées pourront résulter néanmoins de la dissociation très régulière de facteurs mendélisants. Nous en verrons, plus loin, des exemples.

b. *Épistatisme et hypostatisme des facteurs.*

Voyons maintenant comment on applique au cas des souris noires l'hypothèse de « présence et absence ». On fait intervenir trois facteurs allélomorphiques avec dominance : le facteur C (chromogène), opposé à c (non chromogène) ; le facteur G (déterminant du gris), opposé à g (absence de gris) ; le facteur N (déterminant du noir), opposé à n (absence de noir). D'autre part, on suppose que les deux parents apportent l'un et l'autre

(1) Nous disons : élément nouveau ; nous devrions dire : précision nouvelle, car Mendel avait nettement entrevu que certains cas, et précisément des cas de coloration, exigeraient l'intervention et la collaboration de plusieurs facteurs.

le déterminant N, en sorte que, malgré l'intervention de 3 facteurs, le croisement demeure dihybride. Seulement, on admet que, lorsque les facteurs N et G se rencontrent, associés avec C, c'est le facteur G qui seul manifeste son activité. Et cela est une notion nouvelle insérée dans l'hypothèse de Mendel, nous voulons dire la prépondérance du facteur dominant d'une paire allélomorphique sur le facteur dominant d'une autre paire. C'est cette sorte de prévalence, — bien distincte de la *dominance*, — que Bateson désigne sous le nom d'*épistatisme* : le facteur G est épistatique par rapport à N et le facteur N est hypostatique par rapport à G.

Dans cette façon de voir, les deux variétés parentales, grise et blanche, ont pour formule : CNG et cNg. L'hybride a pour formule Cc NN Gg et doit donc produire quatre sortes de gamètes : CNG, CNg, cNG, cNg.

Le tableau suivant indique la composition génotypique et phénotypique de F_2 :

GNG CNG	G	CNG CNg	G	CNG cNG	G	CNG cNg	G
CNg CNG	G	CNg CNg	N	CNg cNG	G	CNg cNg	N
cNG CNG	G	cNG CNg	G	cNG cNG	Bl	cNG cNg	Bl
cNg CNG	G	cNg CNg	N	cNg cNG	Bl	cNg cNg	Bl

On voit que, sur 16 individus, 9 contiennent au moins une fois C, N et G, ils sont donc gris par suite de l'épistatisme de G sur N ; 3 contiennent au moins une fois C et N mais ne contiennent pas G, ils sont donc noirs ; 4 contiennent N, ou même N et G, mais ne renferment pas C, ils sont donc albinos (Bl).

La notion d'épistatisme paraît ici ne reposer que sur l'application arbitraire de l'hypothèse « présence et absence » à des résultats qui peuvent s'expliquer autrement. Mais il y a des cas où la conception de présence et absence avec épistatisme semble mieux imposée par les faits.

Nilsson-Ehle (1) croise une variété d'avoine dont les bales sont noires avec une variété à bales blanches. Il obtient, à la génération F_2, non pas trois quarts du type noir et un quart du type blanc, mais 12 plantes à bales noires, 3 à bales grises, 1 à bales blanches.

Si on opère ici avec des facteurs analogues à ceux que définit Cuénot, pour les souris, on ne peut arriver qu'à la proportion : 9 noires, 3 *grises*, 4 blanches. Au contraire, en admettant les deux facteurs : N (couleur noire) et G (couleur grise) opposés à n (absence de noir) et à g (absence de gris), en considérant ensuite N comme épistatique par rapport à G et en admettant enfin que les deux parents apportent le facteur C (chromogène), on obtient le résultat suivant (en négligeant le facteur C) :

Formules des parents : GN, gn.
Formule de l'hybride : GgNn.
Gamètes : GN, Gn, gN, gn.

Le tableau de F_2 (page suivante), montre que sur 16 individus, 12 possèdent N, en présence de C, et doivent donc être porteurs de bales noires ; 3 pos-

(1) D'après Baur.

sèdent G, mais sont dépourvus de N, et doivent former des bales grises ; 1 ne possède ni G ni N, et doit produire des bales blanches.

Tableau de F_2

GN GN N	GN gN N	GN Gn N	GN gn N
gN GN N	gN gN N	gN Gn N	gN gn N
Gn GN N	Gn gN N	Gn Gn G	Gn gn G
gn GN N	gn gN N	gn Gn G	gn gn Bl

L'hypothèse rend donc parfaitement compte des données de l'expérience.

c. *Application au croisement d'albinos.*

Si on admet la collaboration de deux facteurs dans la production de la pigmentation, il faut en déduire que l'albinisme peut reconnaître plusieurs causes : il peut être dû soit à l'absence du facteur chromogène, en présence d'un facteur « colorant », soit à l'absence d'un facteur « colorant », en présence du facteur chromogène, soit enfin à l'absence et du facteur chromogène et du facteur « colorant ».

Une première conclusion se dégage de là : c'est qu'il doit être possible, en croisant des individus albinos,

d'obtenir parfois une génération F_1 colorée (1). Il faudra pour cela que, des deux variétés albinos croisées, l'une ne possède que le facteur chromogène et l'autre ne contienne que le facteur colorant. Le croisement des deux variétés mettra en présence le chromogène et le colorant et produira une descendance colorée.

C'est, en fait, ce que l'expérience a montré, semblant apporter par là une brillante confirmation à l'hypothèse des facteurs.

Ainsi le croisement de deux Pois de senteur à fleurs blanches, qui, souvent, produit une descendance elle-même albinos, peut, dans certains cas, donner une génération F_1 à fleurs colorées (Bateson et Punnett). La coloration se montre d'ailleurs diverse suivant les croisements ; elle est souvent ou pourpre ou rouge.

L'analyse de la génération F_2 a montré que les phénomènes s'expliquent aisément par l'hypothèse que nous venons de définir concernant les diverses valeurs des albinos. En effet, dans le cas où la génération F_1 possède des fleurs rouges, on voit que la génération F_2 se compose de plantes à fleurs rouges et de plantes à fleurs blanches dans la proportion : 9 rouges, 7 blanches. On reconnait immédiatement une formule spéciale de dihybridisme : 9, $(3 + 3 + 1)$. Or, si (en admettant l'hypothèse présence-absence) nous supposons que, des deux individus albinos que l'on a croisés, l'un, possédant le facteur C (chromogène) mais dépourvu du facteur R (coloration rouge), avait pour formule Cr, tandis que l'autre, dépourvu du facteur C mais possédant le facteur R, avait pour formule cR, la composition de la génération F_2 s'explique aisément. L'hybride, en effet, ayant pour formule Cc Rr, forme donc quatre

(1) La « coloration blanche » des individus albinos résulte de l'absence de certains pigments. C'est pourquoi on peut opposer les variétés *blanches* aux variétés *colorées*.

sortes de gamètes : CR, Cr, cR, cr. La composition de F_2 sera par conséquent :

CR CR	R	CR Cr	R	CR cR	R	CR cr	R
Cr CR	R	Cr Cr	Bl	Cr cR	R	Cr cr	Bl
cR CR	R	cR Cr	R	cR cR	Bl	cR cr	Bl
cr CR	R	cr Cr	Bl	cr cR	Bl	cr cr	Bl

On voit que les calculs fondés sur l'hypothèse concordent avec les données expérimentales : 9 plantes à fleurs rouges et 7 plantes à fleurs blanches (Bl).

Bateson et ses collaborateurs ont été plus loin dans leurs expériences de contrôle. Le tableau que venons de dresser montre que les albinos de F_2 doivent être de cinq formules différentes : CCrr, ccRR, ccrr, Ccrr, ccrR. Si donc on croise entre eux ces albinos, on devra obtenir des résultats très divers qu'il est possible de prévoir, CCrr × ccRR donnant une descendance colorée, ccRR × ccrr donnant une descendance albinos, et ainsi de suite. Or, Bateson, ayant réalisé, au hasard, des croisements entre les albinos de F_2, a obtenu les différents résultats prévus.

C'est un ensemble bien remarquable d'expériences en faveur de l'hypothèse des facteurs et de la ségrégation mendélienne.

Des croisements d'albinos, avec production d'une descendance colorée ont été souvent étudiés : par Correns (qui en fournit le premier l'explication factorielle) sur le *Mirabilis ;* par Cuenot sur les souris ; par Bateson sur les poules ; par Baur sur les *Antirrhinum* (Gueule-de-lion).

Une seconde conclusion se dégage de la conception que nous avons exposée plus haut au sujet de la composition factorielle des albinos : les albinos chez qui le défaut de pigmentation est dû à l'absence du facteur chromogène en présence du facteur colorant (formule générale cD), doivent présenter des valeurs héréditaires diverses d'après *la nature du facteur colorant* qu'ils portent à l'état inactif, et on pourra distinguer autant de races albinos qu'il existe de races différentes au point de vue de la pigmentation. Leurs formules seront cG, cN, et ainsi de suite. Si cela est vrai, le croisement d'un certain nombre des *diverses* races albinos avec des variétés colorées qui apportent le facteur chromogène devra donner lieu à un nombre égal de colorations nouvelles.

C'est encore ce que l'expérience a vérifié. Nous avons déjà vu que le croisement souris grise × souris albinos peut produire :

F_2 : 9 souris grises, 3 *noires*, 4 blanches.

Mais d'autres croisements souris grises × souris albinos amènent, après une génération F_1 uniformément grise, des compositions différentes de F_2 :

F_2 : 9 grises, 3 *jaunes*, 4 albinos,
ou F_2 : 9 grises, 3 *brunes*, 4 albinos.

Il y a donc ici encore concordance frappante entre les résultats de l'expérience et les prévisions déduites de la théorie.

4. *Apparition de plusieurs nouveautés dans la génération F_2. Collaboration de plus de deux facteurs.*

Commençons par exposer les résultats d'une expérience. Cuénot croise une souris grise avec une souris de teinte chocolat (planche II). La génération F_1 est uniformément grise. La génération F_2 montre une chose inattendue : outre des souris grises et des souris chocolat, elle comprend, non seulement, comme dans le cas précédent, des souris noires, mais aussi des souris d'un type nouveau, caractérisé par une robe gris-doré ou jaune-brunâtre (1) (planche II). La formule de F_2 est : 9 grises, 3 noires, 3 dorées, 1 chocolat. La génération F_2 voit donc éclore *deux nouveautés* qui ne peuvent passer pour des associations nouvelles entre des caractères *visibles* chez les parents ; et cependant la formule de F_2 dénonce simplement un dihybride. Comment expliquer l'éclosion de ces deux types nouveaux ?

Cuénot admet que, dans la détermination de la couleur, trois facteurs peuvent collaborer : le facteur chromogène, C ; un facteur colorant : G, gris (dominant) ou N, noir (récessif) ; et, en outre, un facteur F ou un facteur D, le premier dominant, déterminant la nuance foncée de la coloration grise ou de la coloration noire ; le second, au contraire, récessif, déterminant une nuance plus claire des mêmes colorations. La souris grise parente aurait dans sa formule CGF et la souris noire, CNF ; la teinte chocolat résulterait, d'après Cuénot, de la collaboration, avec les facteurs CN, du facteur D (pâlissement) et la nuance gris-doré proviendrait de la collaboration du même facteur D avec les facteurs CG.

Cela étant, le croisement souris grise × souris chocolat donne CGF × CND, souris grise. L'hybride n'est hétérozygote que pour G-N, F-D. Il forme donc

(1) C'est la variété *cinnamon-agouti* des éleveurs anglais.

quatre sortes de gamètes : CGF, CGD, CNF, CND, ou bien, en négligeant le facteur commun C : GF, GD, NF, ND.

En construisant le tableau des 16 combinaisons possibles, le lecteur constatera que, phénotypiquement, il y aura 9 grises, 3 noires, 3 dorées, 1 chocolat, ce qui est d'autre part le résultat de l'expérience.

Miss Durham et Castle ont repris les mêmes expériences et observé les mêmes résultats. Mais ils les expliquent d'après l'hypothèse présence-absence. Ils donnent aux divers types de souris les formules suivantes :

grise : CGN Ch : grise par épistatisme de G sur N.
noire : CgN Ch : noire par défaut de G et épistatisme de N sur Ch.
chocolat : Cgn Ch : chocolat par défaut de G et N.

Le croisement gris × chocolat donne donc un individu gris : CC Gg Nn ChCh qui n'est que dihybride, Gg Nn.

Si d'après cela on établit le tableau de F_2, on voit qu'il devrait contenir : 12 grises, 3 noires, 1 chocolat. Il y aurait ainsi contradiction entre le calcul et l'observation. Seulement les auteurs admettent, et avec eux Bateson, que le facteur G ne donne son plein effet de couleur grise que lorsqu'il est associé à N ; en l'absence de ce dernier facteur, le déterminant G ne produit qu'une sorte de gris affaibli qui est la couleur gris-doré. Or, parmi les 12 souris de F_2 qui contiennent CG, 9 renferment en outre N et seront donc vraiment grises, 3 au contraire ne possèdent pas N et demeureront grises-dorées. Cette interprétation admet donc aussi une collaboration de plus de deux facteurs, mais avec une nuance nouvelle de l'hypothèse, qui comporte maintenant l'aptitude d'un facteur à modifier l'effet produit par l'action d'un premier déterminant.

5. *Apparition de nombreuses nouveautés à la génération F_2. Polyhybridisme avec collaboration de nombreux facteurs.*

Les expériences que nous avons exposées sous la rubrique précédente font la transition vers des cas encore plus complexes et c'est ici qu'en jouant pour ainsi dire avec des facteurs de plus en plus nombreux, les mendélistes arrivent à rendre compte de certains résultats en apparence indéchiffrables.

L'un des cas les plus simples de ce genre est fourni par l'apparition, dans la génération F_2, de ce que Bateson a appelé les *types subordonnés*.

Nous avons déjà dit plus haut que certains croisements de Pois de senteur albinos donnent une génération F_1 à fleurs pourpres. Dans ce cas, la génération F_2 comprend des plantes à fleurs pourpres, d'autres à fleurs rouges, d'autres enfin à fleurs blanches. Seulement chacun des deux premiers types de fleurs se présente sous trois variétés : la corolle possède un étendard vivement coloré (pourpre ou rouge) et des ailes de nuance plus pâle ; ou bien les ailes sont aussi vivement teintées que l'étendard ; ou bien enfin toute la corolle ne montre qu'une nuance pourpre ou rouge à peine indiquée. Ces diverses variétés constituent les « types subordonnés » de Bateson. Ils apparaissent d'ailleurs dans des proportions numériques régulières et constantes. Pour rendre compte d'une semblable composition de F_2, Bateson fait intervenir, à côté des facteurs C (chromogène), R (coloration rouge), P (coloration pourpre, épistatique sur R), deux nouveaux facteurs, collaborant avec les premiers : l'un d'eux détermine la teinte pâle des ailes (son absence laissant toute la corolle uniformément teintée) ; l'autre détermine la « coloration totale » de la fleur (son absence laissant à la corolle une teinte générale peu accentuée). A l'aide de ces

facteurs, Bateson arrive à rendre compte des proportions numériques suivant lesquelles les divers types de fleurs entrent dans la composition de F_2.

Ce cas demeure encore assez simple ; il ne comporte, à la génération F_2, que sept formes différentes. On en connait maintenant de bien plus compliqués, dans lesquels, après une génération F_1 uniforme, on voit éclore, à la génération F_2, une variété de types très considérable et qui, à un premier examen, paraît absolument désordonnée. Tels sont certains croisements de *Mirabilis* (Correns), de Primevère (Gregory) et surtout d'*Antirrhinum* ou Gueule-de-lion (Baur, Wheldale). Ce dernier cas surtout, qui a été étudié avec une très grande ingéniosité par E. Baur et par Miss Wheldale, serait intéressant à exposer en détail. Mais cela nous entraînerait trop loin. Nous ne pouvons qu'en indiquer les grandes lignes et engager les lecteurs que ces problèmes intéressent à lire le chapitre très clair que Baur leur consacre dans son beau traité.

Baur croise une variété de Gueule-de-lion à fleurs jaunes de forme normale (bilabiée) (fig. $1,_1$), avec une variété à fleurs rouges péloriques (1) (fig. $1,_2$). La génération F_1, ne porte que des fleurs normales, d'une teinte rouge, striée de veines plus foncées (fig. $1,_3$). La génération F_2 est extrêmement bigarrée. Baur y distingue 20 types différents, au double point de vue de la coloration et de la symétrie. Or, en manœuvrant avec 10 facteurs (dans l'hypothèse présence-absence) ; en admettant, de plus, que les deux races croisées diffèrent par cinq de ces facteurs et que par conséquent la génération F_1 est homozygote pour cinq déterminants et hétérozygote par rapport aux cinq autres ; en supposant enfin que ces divers facteurs collaborent les uns avec les autres, Baur arrive à rendre compte de la produc-

(1) On donne ce nom à des fleurs qui, au lieu de garder la symétrie bilatérale, caractéristique de la famille à laquelle elles appartiennent, présentent au contraire une symétrie radiaire.

tion des 20 types différents de la génération F_2 et des proportions numériques suivant lesquelles ils se présentent.

L'auteur admet, par exemple, un facteur B, produisant, avant toute intervention d'un facteur ajouté, la teinte jaune des fleurs; un facteur C, apte à changer la coloration jaune fondamentale en une nuance ivoire ; un facteur F, qui, en collaboration avec B, produit une nuance rose sur la lèvre supérieure de la fleur jaune ; un facteur A, qui renforce cette coloration rose et qui par conséquent collabore avec B et F ; et ainsi de suite.

FIG. 1, (d'après Baur).

Dans une des expériences de Baur, la génération F_2 comprenait 199 plantes. Les 20 types floraux qui composaient cette génération, s'y répartissaient suivant des proportions numériques indiquées par la série suivante de chiffres :

2-13-12-25- 1 -0- 2 -9-3-5-5-15-2-3-4-18-4-20-10-46.

Or, les calculs que Baur bâtit sur son interprétation des facteurs lui donnent, pour les divers types de F_2, les

nombres suivants, rapportés aussi à un total de 199 individus :

3-9-9-27-0,5-1-1,7-5-1-5-5-15-1-5-5-15-5-15-15-47.

On ne peut pas nier qu'il y ait, entre les deux séries de chiffres, une concordance assez frappante (1).

6. *Phénomènes de corrélation. Un facteur unique pour plusieurs caractères phénotypiques.*

Les cas ne manquent pas où l'on voit deux et même plus de deux caractères extérieurs, se comporter, dans la dissociation mendélienne, comme une seule unité. Pour expliquer cette *corrélation* entre certains caractères, on admet que ceux-ci sont commandés par un seul facteur.

Cette explication n'offre rien que de très naturel, lorsqu'on l'applique à certains cas. Tel celui des souris où la couleur grise de la robe est associée avec une teinte foncée des yeux. Tel encore le cas de l'*Antirrhinum* : Baur y a constaté que certaines colorations mendélisantes s'y manifestent à la fois sur les pétales et sur les feuilles, ou encore que le caractère allélomorphique de symétrie bilatérale se traduit en même temps dans la corolle et dans le fruit.

Dans ces divers types de croisements, il s'agit en réalité d'un seul caractère *général* (pigmentation ou symétrie) qui se manifeste à la fois dans différents organes de la plante. Il ne serait donc pas étrange qu'un seul facteur fût en cause.

(1) M. Baur vient de nous envoyer, il y a quelques jours, un tout récent mémoire sur la Gueule-de-lion (*Vererbungs und Bastardierungsversuche mit Antirrhinum*. II. *Faktorenkoppelung*. ZEITS. F. INDUK. ABSTAM. UND VERERB.-LEHRE. Bd. VI, 1912). Le savant auteur y écrit qu'à l'aide de 20 facteurs, il peut rendre compte de la très considérable variété des colorations que manifestent les races d'*Antirrhinum*.

Mais il y a des cas où les caractères divers qui demeurent enchaînés dans la dissociation sont vraiment

FIG. 2, (d'après Nilson-Ehle, figure empruntée à Baur).

fort disparates et où l'on se voit forcé d'attribuer à un même facteur des activités bien hétérogènes.

En voici un exemple. Dans un des nombreux croisements d'avoines que Nilsson-Ehle a étudiés, les deux variétés parentales, fig. 2, qui ont en commun de posséder un épillet à deux grains, se distinguent l'une de l'autre par les traits suivants. Variété *a* : chaque glumelle possède une arête, les arêtes sont coudées, la base de l'épillet est garnie de poils, les épillets sont cassants. Variété *b* : une seule glume possède une arête, celle-ci n'est pas coudée, l'épillet n'est ni garni de poils ni cassant. La génération F_1 (fig. 2, *c*), se montre intermédiaire entre les deux types parentaux, au point de vue de ces quatre caractères. Bien qu'on doive, à première vue, s'attendre ici à un croisement polyhybride, il n'en est rien cependant : la génération F_2 comporte trois quarts d'individus du type *a*, et un quart d'individus du type *b*. C'est donc un cas de monohybridisme et Nilsson-Ehle admet que les quatre caractères différentiels que nous venons d'énumérer sont, malgré leur disparité, régis par un seul facteur.

7. *Apparente exclusion, dans la génération* F_2, *des formes récessives. Facteurs isogènes additionnés.*

Voici un type de croisement absolument opposé au précédent. Il s'agit maintenant de certains caractères qui peuvent être produits par un, deux ou plusieurs facteurs *de même valeur :* chacun de ceux-ci suffit à faire apparaître le caractère dans un certain degré d'intensité, mais si deux ou plusieurs facteurs sont associés, ils additionnent leurs influences et la manifestation du caractère s'en trouve proportionnellement renforcée. C'est pour désigner cette équivalence des divers facteurs qu'on pourrait les appeler *isogènes*.

Les faits dont il s'agit ici ont été découverts et interprétés par Nilsson-Ehle. Ce savant croise une variété d'avoine caractérisée par des bales noires avec une

variété qui possède des bales de teinte claire. La génération F_1 ne montre que des épis à bales noires. La génération F_2 ne manifeste pas de formes nouvelles. On devrait donc s'attendre à y rencontrer trois quarts de plantes du type dominant et un quart du type récessif. Il n'en est rien. Les individus dominants y apparaissent dans une proportion bien plus grande. Nilsson-Ehle y trouve à peu près la formule : 15 dominants : 1 récessif. Cela indique un dihybride. L'auteur admet que la coloration noire des bales, dans la race dominante parentale, est produite par l'action cumulative de deux facteurs, N_1, N_2, capables l'un et l'autre de déterminer la teinte noire. Cette race parentale a donc pour formule N_1N_2, tandis que le symbole n_1n_2 caractérise (dans l'hypothèse présence-absence) la variété parentale récessive. L'hybride $N_1n_1N_2n_2$ produit quatre sortes de gamètes : N_1N_2, N_1n_2, n_1N_2, n_1n_2 et le tableau suivant indique la composition de F_2 :

N_1N_2 N_1N_2	N_1N_2 N_1n_2	N_1N_2 n_1N_2	N_1N_2 n_1n_2
N_1n_2 N_1N_2	N_1n_2 N_1n_2	N_1n_2 n_1N_2	N_1n_2 n_1n_2
n_1N_2 N_1N_2	n_1N_2 N_1n_2	n_1N_2 n_1N_2	n_1N_2 n_1n_2
n_1n_2 N_1N_2	n_1n_2 N_1n_2	n_1n_2 n_1N_2	n_1n_2 n_1n_2

On voit que sur 16 individus, 15 renferment au moins un facteur N et par conséquent doivent porter des

bales noires, tandis qu'un seul est totalement dépourvu de facteur N et doit former des bales claires. Seulement, parmi les 15 individus du premier groupe, 6, ne possédant que le facteur N_1 ou le facteur N_2, doivent montrer des bales d'une teinte noire moins accentuée. C'est ce que Nilsson-Ehle constate dans son expérience.

Le même auteur a observé des cas encore plus compliqués. Le croisement d'une avoine à grains rouges avec une avoine à grains blancs donne, après une génération F_1 du type rouge, une génération F_2 qui *paraît elle-même exclusivement composée de plantes à grains rouges*. Le savant suédois a réalisé à sept reprises le même croisement et, une seule fois, il a vu paraître, à la génération F_2, quelques individus du type récessif. Néanmoins, par l'étude de l'ensemble et par l'examen de la génération suivante (F_3) où reparaît nettement le caractère récessif, Nilsson-Ehle arrive à établir qu'à la génération F_2, une dissociation se réalise suivant la formule : 63 plantes à grains rouges : une plante à grains blancs.

Nilsson-Ehle rend compte de cette formule, au moyen de l'hypothèse « absence-présence ». Il admet qu'il existe trois facteurs différents de la coloration rouge, R_1, R_2, R_3 (dominant respectivement sur « leur absence », r_1, r_2, r_3), capables d'additionner leurs effets et de subir indépendamment la ségrégation mendélienne. Les avoines à grains rouges peuvent donc avoir pour formule ou R_1 R_2 R_3 ou R_1 R_2 r_3 ou R_1 r_2 r_3, ou r_1 R_2 R_3 et ainsi de suite, et montreront, suivant leur composition factorielle, des degrés divers de coloration. A l'aide de ces trois paires de facteurs, l'auteur rend compte de la formule 63 : 1 pour la génération F_2, explique les divers degrés de coloration observés au sein de cette génération et arrive à interpréter les résultats assez complexes de la génération F_3.

Ces expériences de Nilsson-Ehle sont très importantes et sont appelées peut-être à jouer un grand rôle dans la coordination et l'unification de certaines manifestations héréditaires, à première vue disparates. Des cas de ce genre élargissent les frontières du mendélisme et font prévoir l'annexion prochaine au domaine mendélien de certains types d'hérédité, apparemment rebelles aux lois de la dissociation.

8. *Aperçu des principaux caractères mendélisants.*

On connaît maintenant de très nombreux cas d'hérédité mendélienne chez les plantes et chez les animaux. Dès 1909, Bateson en publiait une très longue liste : elle ne comprend pas moins de 61 rubriques, sans compter les caractères de coloration, pour lesquels la dissociation mendélienne a été établie dans un nombre considérable d'organismes. Depuis lors, chaque mois ou chaque semaine apporte de nouveaux cas. Nous devons naturellement nous borner ici à indiquer quelques catégories principales de caractères mendélisants; nous avons eu d'ailleurs, dans les pages précédentes, l'occasion d'en étudier un bon nombre.

a) Plantes.

Outre les caractères étudiés par Mendel, ce sont surtout les particularités de *la fleur* qui ont été envisagées par les mendélistes, principalement la coloration et la forme des fleurs (1). En général, la pigmentation est dominante sur l'albinisme et la forme normale est dominante sur les conformations anormales (fleurs bilabiées : fleurs péloriques ; fleurs simples : fleurs doubles). Nous avons vu que l'étude de ces caractères

(1) Beaucoup des exemples que nous allons citer comportent la dominance ; nous indiquons toujours la paire de caractères antagonistes et nous plaçons en premier lieu le caractère dominant.

a notablement contribué à développer et élargir l'hypothèse de Mendel.

La dissociation mendélienne a été aussi constatée et étudiée pour les caractères du feuillage (feuilles vertes : feuilles panachées ; feuilles normales : feuilles laciniées ; feuilles profondément dentées : feuilles peu échancrées) ; pour les caractères de la tige (taille élevée : taille naine ; tige ramifiée : tige simple) ; pour les caractères de la surface des organes (présence de poils épidermiques : absence de poils) ; pour les caractères du fruit et de la graine (graine amylacée et ronde : graine sucrée et ridée ; forme des grains d'amidon, simples et allongés, ou bien composés) ; pour les caractères de l'épi dans les Graminées (épi sans arêtes dans le froment : épi avec arêtes). Chose plus remarquable, certaines particularités physiologiques sont soumises aux lois mendéliennes : la durée des plantes (bisannualité : annualité) ; les relations avec les parasites (l'absence de résistance aux rouilles végétales étant dominante sur l'immunité à cet égard).

Telles sont quelques unes des catégories principales de caractères mendélisants chez les végétaux (1). Nous ne citerons en détail qu'un seul exemple, spécialement intéressant et d'ailleurs absolument normal, de dihybridisme.

Correns croise un Maïs à grains bleus et ridés, (planche III, cd) avec une variété à grains jaunes et lisses (a).

L'épi issu de cette fécondation et qui représente la première génération (2) ne possède que des grains

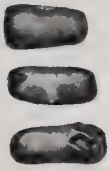
(1) On a étudié l'application des lois de Mendel à la répartition des sexes dans les espèces animales et végétales. C'est à dessein que nous négligeons ici ce point. La question de la détermination du sexe mérite de faire l'objet d'un article spécial.

(2) C'est ici un cas spécial, différent de celui que nous avons exposé pour le Pois, mais dont l'explication nous entraînerait trop loin.

a.

cd.

a+cd.



I.Gen.

II.Gen.

PLANCHE III (d'après Correns).

bleus et lisses (pl. III, I. Gen.) (1) ; les plantes issues de ces grains portent des épis qui représentent la seconde génération ; or chacun de ces épis (pl. III, II. Gen.), est une image parfaite de la dissociation dihybride : on y trouve des grains bi-dominants, bleus et lisses, mélangés à des grains bi-récessifs, jaunes et ridés (2), et à deux sortes de grains mixtes, jaunes lisses et bleus ridés ; de plus, on constate nettement que les grains bi-dominants sont les plus nombreux, que les deux formes mixtes sont moins abondantes et que les grains bi-récessifs sont les moins nombreux de tous. Un seul épi montre donc les quatre génotypes de F_2, à peu près dans leurs proportions normales : 9, 3, 3, 1.

b) Animaux.

Ici encore les caractères de coloration fournissent de nombreux exemples de mendélisme ; en général, la pigmentation est dominante sur l'albinisme et on constate souvent de l'épistatisme.

On a aussi observé l'hérédité mendélienne pour les caractères du pelage et du plumage (poils courts : poils Angora) ; pour les caractères de la crête dans les Gallinacés (crête : pas de crête ; crête ramassée en forme de pois : crête ordinaire ; crête dédoublée : crête simple) ; pour les caractères des cornes dans le bétail (absence de cornes : présence anormale de cornes) ; pour des caractères physiologiques (démarche ordinaire des souris : démarche « valseuse » de certaines souris du Japon). Des caractères anormaux dominent parfois sur des caractères normaux (polydactylisme : nombre normal de doigts).

(1) La dominance est toutefois un peu imparfaite.

(2) Chacun des deux parents étant dominant par rapport à une des paires allélomorphiques et récessif par rapport à l'autre, c'est la forme bi-dominante et la forme bi-récessive qui représentent ici les nouveautés de F_2.

c) Homme.

On a aussi étudié l'hérédité chez l'homme, au point de vue mendélien, à l'aide de statistiques familiales. La coloration des yeux mendélise certainement (yeux bruns ou noirs : yeux bleus ou gris) mais la question ne manque pas de complexité. Chose plus remarquable, certaines anomalies ou certaines dispositions pathologiques se montrent dominantes (brachydactylie: main normale ; cataracte : œil normal, etc.).

C. *Exceptions aux formules mendéliennes de la dissociation polyhybride. « Couplement » et « Répulsion » des facteurs* (1).

Dans tous les cas de polyhybridisme que nous avons rencontrés jusqu'ici, les proportions numériques, suivant lesquelles les diverses « associations » possibles de caractères parentaux se trouvent réalisées dans la génération F_2, se calquent parfaitement sur les formules établies par Mendel lui-même. Les résultats qui, à un premier examen, paraissaient démentir les proportions mendéliennes, ont pu y être aisément ramenés à l'aide de quelques hypothèses subsidiaires. Aussi la concordance est-elle demeurée adéquate entre les faits et l'hypothèse mendélienne de la ségrégation, sans qu'il ait fallu sacrifier aucun des éléments de celle-ci.

Il n'en va plus de même pour les deux groupes d'expériences que nous entreprenons maintenant de rapporter. Ici, les associations de caractères parentaux dans la génération F_2 et, en général, dans la descendance dissociée, n'obéissent plus parfaitement aux formules mendéliennes et, si l'hypothèse de la ségrégation peut encore leur être appliquée, ce n'est qu'au prix d'une modification assez importante.

(1) Outre les ouvrages cités plus haut, consulter : Bateson et Punnett. *On the Inter-relation of genetic factors.* PROC. OF THE ROY. SOCIETY, London, 3 juillet 1911.

Les faits dont nous voulons parler ont été découverts, pour la première fois, par Bateson et ses collaborateurs. Ils se rattachent à deux catégories, qu'il faut, du moins provisoirement, bien distinguer et auxquelles le savant anglais a donné pour étiquettes les expressions de « gametic coupling » et « gametic repulsion », ce qu'il convient de traduire par « couplement de facteurs dans les gamètes » et « répulsion de facteurs ».

Ces deux dénominations spécifient d'ailleurs, plutôt que les faits eux-mêmes, les modifications que Bateson a introduites, pour les expliquer, dans l'hypothèse de Mendel. Si l'on veut, au contraire, désigner les résultats positifs de l'expérience, sans le secours de l'hypothèse, il faut dire que les croisements dont nous allons parler comportent, dans la descendance des polyhybrides, la production, *prépondérante*, dans un cas, *exclusive*, dans l'autre, de certaines associations de caractères parentaux.

1. *Couplement de facteurs.*

C'est un croisement entre deux *Lathyrus* à fleurs blanches qui a fourni à Bateson le premier exemple de ces nouvelles manifestations de l'hérédité.

La génération F_1 est uniformément composée de plantes à fleurs pourpres. La génération F_2 montre une disjonction en 27 plantes à fleurs pourpres, 9 à fleurs rouges, 28 à fleurs blanches, ce qui revient à dire : 36 colorées, 28 blanches ; ou 9 colorées : 7 blanches. Cette proportion n'est autre, on le voit, qu'une application spéciale de la formule mendélienne pour les dihybrides (9, 3, 3, 1). Aussi ce n'est pas sous le rapport des caractères de coloration que se manifeste l'exception dont nous voulons parler. Elle porte au contraire sur les associations entre les caractères de coloration, d'une part, et les diverses formes de grains

de pollen, d'autre part. Les deux races albinos parentales se distinguent en effet en ce que les grains de pollen, arrondis et aplatis, dans la première (fig. 3, I), sont, au contraire, de forme allongée, dans la seconde (fig. 3, II).

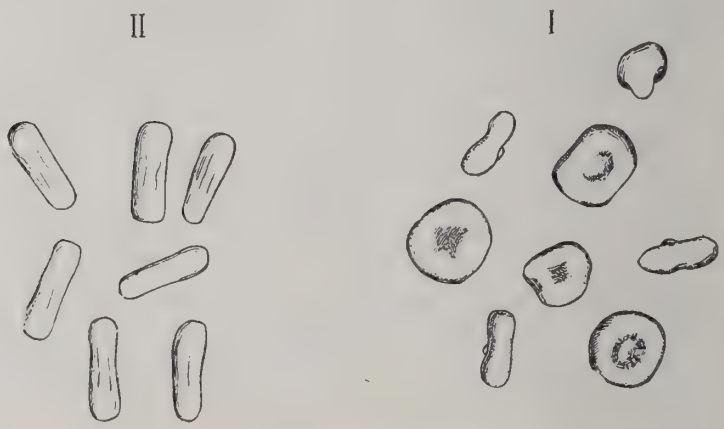


Fig. 3 (d'après Bateson).

La génération F_1, uniformément pourpre, ne produit que du pollen long : ce dernier caractère est donc dominant. La génération F_2 montre une chose étrange au point de vue des associations entre les types de coloration et les formes du pollen. Si les formules mendéliennes du polyhybridisme se vérifiaient ici parfaitement, on devrait, au sein de *chacun* des trois types de coloration dont se compose F_2 (fleurs pourpres, fleurs rouges, fleurs blanches), observer trois quarts d'individus à pollen long (dominant) et un quart d'individus à pollen arrondi (récessif) (1).

(1) De même que, dans le croisement : pois jaunes arrondis × pois verts anguleux, on constate, à la génération F_2, que, des 12 plantes à pois jaunes, 9 forment des pois arrondis et 3 des pois anguleux, tandis que, d'autre part, des 4 plantes à graines vertes, 3 possèdent des graines rondes et 1 des graines anguleuses.

Or ce n'est pas ce que montre l'expérience : le groupe des plantes albinos de F_2 est le seul pour lequel se vérifie la formule 3 L, 1 l (en désignant par L le pollen allongé, par l le pollen aplati et arrondi).

Parmi les plantes à fleurs pourpres (P), au contraire, il y a excès de plantes à pollen long, la proportion étant de 12 plantes PL pour 1 plante Pl ; d'autre part, dans les plantes à fleurs rouges (b), c'est au profit du caractère récessif, pollen aplati et rond, que la proportion se transforme ; elle devient : 3,2 plantes à fleurs rouges et pollen arrondi (bl) pour 1 plante à fleurs rouges et pollen long (bL). Les données réelles de l'expérience sont : 1528 BL, 106 Bl, 117 bL, 381 bl.

Comment, à l'aide de la constitution factorielle des gamètes, expliquer cette déviation de F_2 par rapport aux formules mendéliennes de la dissociation ?

D'abord il faut dire qu'au total, la génération F_2 comporte trois quarts de plantes à pollen long pour un quart de plantes à pollen arrondi. Par conséquent, on peut appliquer ici la première partie de l'hypothèse de la pureté des gamètes, celle qui concerne la dissociation des caractères *dans chacune des paires allélomorphiques*, considérées isolément. Mais ce que l'on ne peut plus admettre, et Bateson l'a bien vu, c'est la *ségrégation indépendante des différents facteurs associés* et c'est en quoi il faut modifier, pour les besoins de ce nouveau cas, l'hypothèse de Mendel. D'après celle-ci, les quatre associations possibles de facteurs, BL, Bl, bL, bl, devraient se trouver réalisées dans un nombre égal des gamètes que produit l'hybride. Or, pour rendre compte de la composition de F_2 dans le cas qui nous occupe, il faut admettre au contraire que les deux associations gamétiques BL et bl sont produites en plus grande abondance que les deux autres Bl et bL. Cela est nécessaire pour expliquer l'excès de fleurs pourpres à pollen long et de fleurs rouges à pollen arrondi.

Bateson admet donc une sorte d'attraction entre les facteurs B et L, un *couplement de ces facteurs*, qui entraîne la formation *prépondérante* des gamètes BL et, par conséquent, des gamètes correspondants bl. Nous disons : prépondérante et non pas : exclusive ; car la présence d'individus à fleurs rouges et pollen long, et d'individus à fleurs pourpres et pollen arrondi suppose la production d'une certaine proportion de gamètes Bl et de gamètes bL.

Bateson a été plus loin : il a montré que le couplement des facteurs dont il s'agit répond à des règles numériques(1). En effet, si l'on admet que la proportion des deux sortes de gamètes favorisées, est, par rapport aux deux autres, de 7 à 1, d'après la formule :

Gamètes : 7 BL, 1 Bl, 1 bL, 7 bl.

et si on calcule toutes les combinaisons qui peuvent se produire dans la fécondation, on arrive, pour 256 plantes, à la formule :

Plantes : 177 BL, 15 Bl, 15 bL, 49 bl = 256.

Or, cela correspond d'assez près à la formule réelle rappelée plus haut et c'est pourquoi Bateson admet ici une formule de ségrégation : 7.1.1.7.

Il était intéressant de rechercher si ces phénomènes se reproduisent dans d'autres cas. C'est ce qu'ont fait surtout Bateson et ses collaborateurs. Or, chose très remarquable, non seulement, ils ont observé de nouveaux exemples de couplement, mais même ils ont découvert que le couplement peut s'accomplir suivant

(1) Nous négligeons ici les plantes albinos de F_2, qui vérifient d'ailleurs la formule mendélienne typique.

des formules, diverses, il est vrai, mais qui paraissent rattachées les unes aux autres par un lien étroit. C'est ce que nous allons voir.

Le second cas de ce genre étudié par Bateson fut le croisement d'un *Lathyrus* dont les anthères sont fertiles (F) et dont les aisselles foliaires sont de teinte foncée (D) avec une variété à anthères stériles (f) et à aisselles plus claires (d).

La génération F_1 montre la dominance de FD sur fd.

La génération F_2 :

627 FD, 27 fD, 17 Fd, 214 fd,

comporte une telle prépondérance des formes FD et fd sur les associations Fd et fD qu'il faut encore ici admettre un couplement des facteurs F et D. Seulement la formule du couplement est nouvelle et la composition de F_2 ne peut s'expliquer que par la proportion suivante des divers gamètes :

15 FD, 1 fD, 1 Fd, 15 fd.

Le calcul des combinaisons possibles entre ces gamètes donne, en effet, pour un nombre total de plantes égal à celui de l'expérience, la formule suivante de F_2 :

637 FD, 27 fD, 27 Fd, 194 fd

qui se rapproche beaucoup de la formule réelle, que nous venons de reproduire.

Le croisement de deux variétés de Pois (1), différant l'une de l'autre par la présence (V) ou l'absence (v) de vrilles et en même temps par la forme arrondie (R) ou

(1) P. de Vilmorin et Bateson. *A Case of Gametic Coupling in Pisum.* Proc. of the Roy. Soc. London, 3 juillet 1911.

anguleuse (v) des graines, a produit une génération F_2 composée de

319 VR, 4 vR, 3 Vr, 123 vr

Cela suppose une nouvelle formule de couplement. Si, en effet, on admet la proportion suivante des diverses sortes de gamètes :

63 VR, 1 vR, 1 Vr, 63 vr

la génération F_2, calculée pour un nombre total d'individus égal à celui de l'expérience, devrait comprendre :

333 VR, 3,4 vR, 3,4 Vr, 109 vr

ce qui se rapproche encore de la proportion réelle.

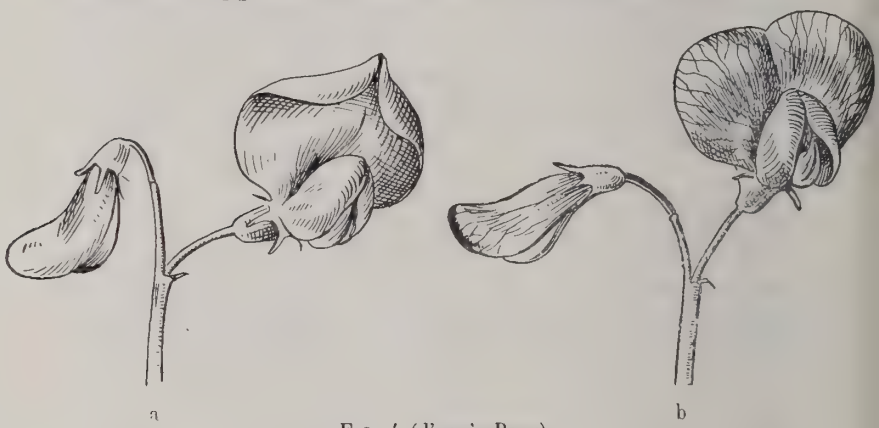


FIG. 4 (d'après Baur).

Enfin, le croisement d'un *Lathyrus* à fleurs pourpres (P) et étendard dressé (E) (fig. 4, b), avec une variété à fleurs blanches (p) et étendard replié (e) (fig. 4, a), fournit, pour F_2, une composition telle qu'elle exige la ségrégation suivante :

Gamètes : 127 PE, 1 Pe, 1 pE, 127 pe (1).

(1) Bateson et Punnett, *loc. cit.*

Ces prépondérances de certaines associations factorielles, dans les gamètes, paraîtront encore plus surprenantes, si l'on remarque la relation singulière qui rattache les unes aux autres les différentes formules de ségrégation. En effet, $127 = (2 \times 63) + 1$; $63 = (2 \times 31) + 1$; $31 = (2 \times 15) + 1$; $15 = (2 \times 7) + 1$; $7 = (2 \times 3) + 1$; $3 = (2 \times 1) + 1$.

Aussi Bateson s'attend-il à rencontrer la série complète des formules gamétiques suivantes :

1, 1, 1,	1	cas normal, non couplement
3, 1, 1,	3	(non encore observé)
7, 1, 1,	7	(observé)
15, 1, 1,	15	(observé)
31, 1, 1,	31	(non encore observé)
63, 1, 1,	63	(observé)
127, 1, 1,	127	(observé)

et ainsi de suite.

Les phénomènes de couplement reçoivent sans cesse de nouvelles confirmations.

Gregory (1) retrouve dans la Primevère de Chine la formule 7, 1, 1, 7, qui rentre donc dans la série déjà établie par Bateson.

Baur (2) dans ses croisements d'*Antirrhinum*, trouve la proportion 3, 1, 1, 3, prévue par Bateson mais non encore observée jusque là. Il rencontre aussi plusieurs fois la formule : 7, 1, 1, 7. Seulement, ses recherches lui révèlent des formules nouvelles de couplement, qui s'écartent de la série régulière de Bateson.

D'abord, l'auteur observe, dans un cas, une composition de F_2 qui paraît exiger une formule de couplement : n, 1, 1, x, *où x serait plus grand que n ;* dans la

(1) Gregory, *On Gametic Coupling and Repulsion in Primula Sinensis.* PROC. OF THE ROY. SOC. London, 3 juillet 1911.

(2) Dans le mémoire récent, cité plus haut, et que nous avons reçu au moment où nous avions déjà rédigé les lignes qui précèdent.

série de Bateson au contraire la formule générale est n, 1, 1, n ; en réalité, les données numériques de F_2 observées par Baur s'accorderaient assez bien avec la formule gamétique : 7, 1, 1, 9. En second lieu, certaines compositions de F_2 peuvent s'expliquer aussi bien par la formule 4, 1, 1, 4 que par la formule, 3, 1, 1, 3 et même, l'étude de « recroisements » qu'il serait trop long d'exposer ici a fait conclure à l'auteur que la première formule est la plus probable.

Ces résultats de Baur sont fort intéressants. Ils montrent qu'il faut s'attendre à découvrir, dans ce domaine, beaucoup de choses nouvelles et imprévues, qui forceront peut-être à briser d'anciens cadres, devenus trop étroits.

2. *Répulsion des facteurs.*

C'est encore pour interpréter leurs expériences sur les polyhybrides de Pois-de-senteur que Bateson et Punnett ont été conduits à admettre un mode de ségrégation des facteurs apparemment inverse du couplement. En effet, les résultats que nous allons exposer semblent ne pouvoir s'expliquer qu'en supposant que certains facteurs, appartenant à des paires allélomorphiques différentes, ne peuvent se trouver associés dans un même gamète.

Voyons d'abord les faits. Certaines variétés de *Lathyrus*, que nous avons déjà mentionnées, possèdent un étendard entièrement étalé et redressé (fig. 4, b), étendard un peu replié sur les deux bords de la partie d'autres un supérieure, en forme de capuchon (fig. 4. a).

Bateson croise une variété à fleurs blanches dressées par une variété à fleurs blanches repliées. La génération F_1 porte des fleurs pourpres dressées. La génération F_2 se compose, au point de vue de la coloration (en négligeant ici les types subordonnés), de

trois groupes : plantes à fleurs *pourpres*, plantes à fleurs *rouges*, plantes à fleurs *blanches*. En ce qui concerne maintenant la forme de l'étendard, Bateson observe que les fleurs pourpres sont, les unes à étendard dressé, d'autres à étendard replié ; qu'il en va de même pour les fleurs blanches ; mais qu'au contraire, *les fleurs rouges sont toutes à étendard redressé*. C'est une exception flagrante aux formules de dissociation mendélienne. Puisqu'en effet, les deux couleurs, pourpre ou blanche, peuvent se trouver associées, soit avec la forme redressée de l'étendard, soit avec la forme repliée, c'est donc que le caractère : forme de l'étendard subit la dissociation, sans demeurer lié au caractère coloration. Il faudrait, par conséquent, dans le groupe des plantes à fleurs rouges, retrouver aussi les deux types de forme d'étendard.

Comment rendre compte de cette exception? Disons avant tout que Bateson opère ici avec quatre facteurs : le facteur C (chromogène) opposé à c (absence de colorabilité) ; le facteur R, qui, en collaboration avec C, détermine la couleur rouge des fleurs et qui est opposé à r (non coloration, même en présence de C) ; le facteur P, qui transforme en pourpre la coloration rouge produite par CR et qui est opposé à p (absence de pourpre, laissant possible la manifestation du rouge, par l'action de CR) ; enfin, le facteur E (étendard érigé) oppose à e (étendard non redressé, demeurant donc replié).

Cela étant supposé, il faut, pour expliquer l'absence des fleurs rouges repliées, admettre qu'aucune zygote issue des hybrides de F_1 n'est homozygote à la fois pour p et e, c'est-à-dire qu'aucune n'a pour formule soit CCRRppee, soit CcRRppee, soit CCRrppee. En effet, des plantes, qui seraient définies par l'une ou l'autre de ces formules, porteraient des fleurs rouges (puisque possédant C et R, mais dépourvues de B) et repliées (puisque ne contenant pas E).

Pour rendre compte maintenant de l'absence de toute formule homozygote —ppee, on pourrait penser d'abord que l'hybride produit bien des gamètes mâles et femelles de formule —pe, mais que, entre gamètes de cette structure, la fusion de fécondation ne peut pas s'accomplir. Seulement cette explication est peu vraisemblable (1). En effet, d'un côté il n'y a aucun obstacle à la rencontre de p avec p, ni de e avec e, puisqu'on observe des fleurs rouges ou blanches, donc de formule —pp, et des fleurs repliées, donc de formule —ee. Rien d'autre part ne paraît s'opposer à la rencontre de p avec e, car l'étude de la génération F_3 a montré à Bateson que toutes les plantes à fleurs pourpres et érigées de la génération F_2 sont hétérozygotes par rapport à P et E et ont donc pour formule —Pp Ee.

Il ne reste donc qu'un seul moyen d'expliquer l'absence d'homozygotes —ppee, c'est d'admettre que l'hybride F_1 ne produit pas de gamètes —pe, mais que tout gamète contenant e doit aussi posséder P. Seulement les valeurs numériques des divers groupes de F_2 montrent qu'au total, la dissociation de chacune des paires allélomorphiques s'est accomplie suivant le type normal ; il est donc impossible d'admettre qu'une classe de gamètes fasse complètement défaut sans supposer en même temps l'absence totale de la classe antagoniste. S'il n'y a donc pas de gamètes —pe, il n'y aura non plus aucun gamète —PE.

C'est ce que Bateson explique ou, plutôt, désigne en disant que dans la production des gamètes de l'hybride, il se manifeste, entre les facteurs P et E, une sorte de « répulsion » qui les empêche de se rencontrer dans le même gamète (2).

(1) Bateson ne la mentionne même pas. Mais c'est ainsi que Leclerc du Sablon paraît avoir compris l'interprétation de l'auteur anglais, dans son article : La nature hybride de l'Œnothère de Lamarck. REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE, 1910.

(2) La façon dont nous avons développé la nécessité logique de l'hypothèse

Cette hypothèse de l'absence des gamètes PE et pe, — en quoi consiste la vraie interprétation de Bateson, en dehors de toute idée théorique sur une *répulsion* de facteurs, — n'explique pas seulement, d'une façon générale, l'absence de fleurs rouges repliées. Elle a permis à Bateson de rendre compte de la composition détaillée de F_2 et ceci est vraiment fort intéressant.

En supposant les quatre facteurs : C : c, R : r, P : p, E : e, il faudrait, si la ségrégation s'accomplissait suivant le type normal, que l'hybride produisît 16 sortes de gamètes : le calcul habituel montre qu'il en résulterait 256 combinaisons génotypiques réparties en 6 formes phénotypiques (fleurs pourpres dressées, pourpres repliées, blanches dressées, blanches repliées, rouges dressées, rouges repliées). Si, au contraire, les gamètes qui devraient contenir PE ou pe ne se produisent pas, il ne reste plus que 8 espèces de gamètes : ceux-ci peuvent s'unir en 64 compositions génotypiques, réparties en 5 manifestations phénotypiques (le type « fleur rouge repliée » faisant défaut). Or, les proportions numériques suivant lesquelles les 64 combinaisons génotypiques ainsi calculées exigent que les cinq phénotypes soient représentés dans la génération F_2, se trouvent être très voisines de celles que Bateson a observées en réalité.

Il y a plus encore. En étudiant la génération F_3 issue de chacun des cinq lots phénotypiques de F_2, Bateson a obtenu les résultats que faisaient prévoir les compositions génotypiques attribuées par son hypothèse à ces

dite « de répulsion » diffère de l'exposé de Bateson, d'ailleurs assez bref. Nous sommes certain cependant de ne pas avoir travesti les conceptions de l'auteur. C'est dans ses travaux plus récents, cités plus haut, que Bateson (et avec lui ses collaborateurs) propose cette expression de « répulsion des facteurs ». Auparavant, et encore dans son traité classique, il désignait son hypothèse sous le nom de « spurious allelomorphism » (faux allélomorphisme) pour indiquer que deux facteurs dominants, appartenant donc à deux paires allélomorphiques diverses, se comportent, dans la ségrégation, comme s'ils se rattachaient à une même paire.

lots eux-mêmes. C'est ainsi que chacune des plantes de F_2 à fleurs pourpres et dressées a fourni une descendance dissociée par rapport à P et E. Ces plantes étaient donc toutes de formule Pp Ee. Or, c'est ce qui doit être si, réellement, les gamètes PE ne se produisent pas.

Des phénomènes de dissociation polyhybride analogues à ceux que nous venons de décrire pour le *Lathyrus* ont été observés à maintes reprises chez les animaux, et, tout récemment encore, dans les végétaux, par Gregory chez les Primevères et par Baur, chez la Gueule-de-lion et l'*Aquilegia* (Ancolie).

3. *Origine du couplement et de la répulsion.*

Les expériences que nous venons de rappeler avaient donc forcé Bateson à insérer dans l'hypothèse de Mendel deux modes nouveaux et opposés de ségrégation. Il restait à rechercher ce qui détermine, dans certains cas, le couplement et, ailleurs, la répulsion des facteurs.

La réponse à cette question jaillit d'une nouvelle série d'expériences.

Nous avons vu que, dans le croisement : anthères fertiles-aisselles foncées × anthères stériles-aisselles claire (FD × fd), qui nous a montré un couplement entre F et D, la génération F_2 comprend, en nombre restreint, des individus mixtes Fd (anthères fertiles-aisselles claires) et des individus mixtes fD (anthères stériles-aisselles foncées).

Bateson eut l'idée de croiser entre eux ces deux sortes d'individus. L'hybride dérivé Fd × fD porte des anthères fertiles et des aisselles foncées. Si les choses se passaient maintenant régulièrement d'après les formules mendéliennes, la génération F_2 issue de cet hybride devrait montrer quatre formes phénotypiques FD, Fd, fD, fd. En réalité, le dernier type, anthères stériles-aisselles claires ne se produit pas. Aussi Bateson

n'arrive-t-il à rendre compte de F_2 la génération qu'en supposant une répulsion entre les facteurs F et D.

Le lecteur remarquera tout de suite que les deux facteurs F et D, qui, dans l'hybride FD × fd, obéissaient au couplement, sont ceux-là mêmes qui, maintenant, dans l'hybride Fd × fD, manifestent la répulsion. Or, dans le premier cas, les deux facteurs F et D étaient associés dans un des deux parents dont est issu l'hydride, tandis que, dans le second cas, ces deux facteurs étaient disjoints dans les parents eux-mêmes. Bateson en a conclu la règle suivante : « Si A, a et B, b sont deux paires allélomorphiques sujettes à couplement et à répulsion, les facteurs A et B se repousseront mutuellement dans la gamétogénèse d'un double hétérozygote résultant de l'union Ab × aB, mais coupleront dans la gamétogénèse d'un double hétérozygote issu de l'union AB × ab (1). »

D'une autre façon, nous pourrions dire : dans certains cas de polyhybridisme, le polyhybride produit, *en plus grand nombre* (couplement), ou même *exclusivement* (répulsion), des gamètes analogues à ceux qui, par leur union, lui ont donné naissance.

Cette règle a été soumise, par Bateson et ses collaborateurs, au contrôle de plusieurs expériences et n'a jamais été trouvée en défaut. De son côté, Baur (2) en a découvert récemment de nouvelles confirmations.

Quoi qu'il en soit de l'hypothèse même de couplement et de répulsion, c'est une découverte importante d'avoir constaté que le mode de dissociation des caractères dans la génération F_2, issue d'un polyhybride, peut, dans certains cas, se trouver influencé d'une manière régulière par le mode d'association de ces caractères dans les parents, de qui l'hybride procède.

(1) Bateson et Punnett, *loc. cit.*, 1911.
(2) Baur, *loc. cit.*, 1912.

4. *Relation entre le couplement et la répulsion.*

Nous avons jusqu'ici, avec Bateson, supposé que la répulsion et le couplement sont comme deux phénomènes antagonistes. Seulement il faut remarquer que l'idée même de répulsion ne peut se concevoir que dans l'hypothèse présence-absence. En effet, si on admet des facteurs positifs aussi bien pour les caractères dominants que pour les caractères récessifs, si on pose, par exemple, les facteurs F (anthères fertiles) : S (anthères stériles) et les facteurs D (aisselles foncées) : C (aisselles claires), on peut, *par la seule hypothèse du couplement*, rendre compte des deux catégories de faits que nous avons rapportées. Si les parents du polyhybride sont de formule FD et SC, il y aura couplement entre F et D, entre S et C, couplement d'ailleurs non absolu, permettant la production d'un petit nombre de gamètes FC et SD. Si, au contraire, les parents du polyhybride sont de formule FC et SD, il y aura maintenant couplement entre F et C, et entre D et S ; pour expliquer ensuite l'absence totale de formes SC, *ou bien* on admettra que le couplement est absolu et exclusif, empêchant la formation de tout gamète FD et de tout gamète SC, *ou bien* on dira que dans la série complète des gamètes : nFC, 1FD, 1SC, nSD, la valeur de n est tellement élevée que, pratiquement, cela revient à l'absence totale de gamètes FD et de gamètes SC.

En d'autres termes, les phénomènes que Bateson explique par une répulsion de facteurs pourraient être considérés comme des *cas extrêmes de couplement*. Nous avons d'ailleurs vu que la série des formules de couplement montre une prédominance de plus en plus considérable des associations parentales, jusqu'à atteindre la proportion : 127, 1, 1, 127. Poussée plus loin encore, cette prépondérance peut devenir, ou réellement, ou du moins pratiquement, de l'exclusivisme.

Au cours des pages qui précèdent, nous nous sommes efforcé d'exposer, dans les termes et dans l'esprit même des principaux mendélistes, l'état actuel des études mendéliennes. Mais le lecteur aura compris que les phénomènes d'hérédité dont nous avons parlé et, surtout, leur explication par l'hypothèse des gamètes allélomorphiques et des facteurs héréditaires, soulèvent de nombreux et importants problèmes. Nous avions d'abord pensé en faire ici une étude rapide. Mais nous préférons les réserver pour un article ultérieur. Les problèmes du mendélisme sont en effet trop délicats et trop complexes, ils touchent à trop de conceptions fondamentales de la Biologie, ils sont enfin enveloppés encore de trop d'obscurités pour qu'il soit possible de les étudier en raccourci. Il nous faudra d'ailleurs, avant de les aborder, informer brièvement nos lecteurs de l'état actuel des études cytologiques, elles-mêmes très délicates et sujet d'interminables controverses. Ajoutons enfin que le moment présent serait peut-être mal choisi pour une discussion générale de la question. Les travaux mendéliens d'hier et d'aujourd'hui, principalement ceux de Bateson, de Nilsson-Ehle, de Baur, de Morgan, ont ouvert de nouveaux horizons et il ne semble pas présomptueux d'espérer, pour un avenir assez prochain, d'importantes découvertes.

Nous croyons cependant utile de toucher brièvement quelques points qui serviront à mieux définir la position actuelle des mendélistes.

Le premier concerne l'*extension du domaine mendélien*. La question est de savoir si les lois de la dissociation s'appliquent seulement à certaines catégories de caractères ou si, au contraire, elles régissent l'hérédité dans toutes ses manifestations. Beaucoup d'auteurs pensent que certains croisements donnent des hybrides constants, ce qui veut dire que le type, plus ou moins intermédiaire, manifesté par les hybrides de la géné-

ration F_1, se maintiendrait identique à lui-même dans toutes les générations ultérieures, sans que se déclare aucune disjonction des caractères. Les principaux mendélistes, au contraire, pensent qu'on n'a établi définitivement aucun cas de croisement qui serait soustrait aux lois de la dissociation.

Un second point se rapporte à la « *pureté des gamètes* ». Certains mendélistes, entre autres Th. Morgan (1) et Haecker (2) pensent que les phénomènes de dissociation pourraient s'expliquer en admettant que chaque gamète porte les deux potentialités allélomorphiques, mais que l'une d'elles s'y trouve prépondérante.

Une dernière question concerne la *nature des facteurs héréditaires* ou déterminants ou gènes. Jusqu'ici, nous avons toujours exposé les combinaisons de facteurs admises par les mendélistes, sans rechercher quelles seraient la constitution et la manière d'agir de ces « porteurs d'hérédité ». C'est qu'en effet la plupart des mendélistes eux-mêmes montrent, sur ce point, une louable prudence.

Il est clair, qu'avant d'essayer de définir avec plus de précision la nature des facteurs, il faudrait connaître, dans leur fond, les processus de différenciation ontogénétique qui amènent la manifestation des divers caractères phénotypiques. Or, nous sommes là en pleine obscurité. Il était inévitable que l'on pensât à faire intervenir, dans la différenciation, les activités spécifiques des ferments et, de fait, Miss Wheldale a élaboré. sur cette base, toute une interprétation assez plausible, en ce qui concerne l'origine des couleurs anthocyaniques (3). Seulement il ne manque pas de caractères

(1) Dans son article fort intéressant : *Chromosomes and Heredity ;* AMERICAN NATURALIST, 1910.

(2) *Allgemeine Vererbungslehre,* 1911.

(3) M. Wheldale, *Plant oxydases and the chemical interrelationsships of colour-varieties ;* PROGRESSUS REI BOTANICÆ, III, 1910.

mendélisants dont il semble tout à fait impossible d'attribuer la détermination à l'action de ferments spécifiques. Bateson l'a bien reconnu (1). De plus, même pour les cas où il est possible de recourir à cette hypothèse, Bateson fait remarquer à bon droit qu'on ne peut pas considérer les ferments eux-mêmes comme constituant les facteurs héréditaires gamétiques, mais que ceux-ci ne pourraient être que « l'aptitude à produire les ferments requis ». Et Bateson ajoute qu'on n'est livré qu'à des conjectures, touchant le point de savoir si de telles aptitudes reposent sur « une substance spéciale ou sur des phénomènes d'arrangement ».

La plupart des mendélistes ne sont pas moins réservés et Baur (2) — se rappelant qu'il est concitoyen de R. Wagner — écrit que la question de la nature des facteurs est de la « Zukunftsmuzik », de la « musique de l'avenir » (3).

C'est par ce mot que nous terminerions notre article, si nous ne voulions faire remarquer encore une fois combien les travaux de Mendel méritent la désignation classique de « Bahnbrechend », « perceurs de routes ». Quels que soient les enseignements et les surprises que nous réserve l'avenir, il faut admirer cette superbe efflorescence de recherches qu'ont fait jaillir, en une douzaine d'années, la méthode et l'hypothèse de Mendel.

VICTOR GRÉGOIRE,
Professeur à l'Université de Louvain.

(1) W. Bateson. *Mendel's Principles of Heredity*, 1909.

(2) E. Baur. *Einführung in die experimentelle Vererbungslehre*, 1911.

(3) East et Hayes (*Inheritance in Maize*; CONNECTICUT AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION BULL., n° 167, and *Contribution from the Laboratory of Genetics*, BUSSEY INSTITUTION OF HARVARD UNIVERSITY, n° 9, 1911, considèrent que les formules gamétiques « représentent les faits suivant un système convenable, mais conventionnel, de notation. »

VARIÉTÉS

I

SUR LES ANOMALIES CLIMATIQUES ET PHÉNOLOGIQUES DU DERNIER HIVER.

Le dernier hiver a été en Belgique, comme dans presque tout l'ouest de l'Europe, une saison essentiellement anormale et y a présenté plus d'une particularité propre à un printemps prématuré. Il a été remarquable avant tout par la constance de la situation barométrique. La présence prolongée d'un même type isobarique, que nous décrivons plus loin, a eu comme conséquences :

1° Une prédominance de vents méridionaux (S, SE et SW).

2° Une nébulosité intense.

3° Des précipitations fréquentes et abondantes.

4° Un excès de température presque non interrompu.

Ces conditions climatiques spéciales, et en particulier la température, ont été pour la végétation un excitant puissant, auquel beaucoup de plantes ont répondu par un réveil hâtif. L'examen et la discussion de ces phénomènes météorologiques et phénologiques, forment l'objet de la présente communication. Pour la rendre plus concise, nous nous bornerons à n'utiliser que des observations faites à l'Observatoire d'Uccle. On comprendra par la suite, qu'elles sont suffisantes pour caractériser la saison qui nous occupe.

Énonçons tout d'abord quelques principes préliminaires, nécesaires à la compréhension du sujet. Il convient de rappeler tout d'abord, que les caractères climatiques d'une saison trouvent leur origine dans la nature des vents prédominants. Le vent, dont la direction résulte de la distribution de la pression atmosphérique, apporte la température des régions dont il est originaire.

La pression atmosphérique est répartie inégalement à la surface du globe. Il existe des zones de fortes pressions ou maxima barométriques, autour desquels la pression va en diminuant dans toutes les directions. De même, il y a des zones de pression moindre ou minima barométriques. Ces deux espèces de formations subissent en outre des déplacements, très lents chez les premiers, assez rapides généralement pour les autres. L'air se transporte des maxima vers les minima, non en ligne droite mais en subissant (dans l'hémisphère nord) une déviation à droite due à la rotation terrestre ; cette déviation fait qu'en réalité l'air tourbillonne autour du minimum. Ce mouvement tourbillonnaire (circulation cyclonique) est de sens contraire à celui du mouvement des aiguilles d'une montre. De même l'écoulement de l'air des maxima est aussi un mouvement tourbillonnaire, mais parallèle à la marche des aiguilles d'une montre. On comprendra par cette explication, que si l'on a le dos tourné au vent, on a à sa gauche les faibles pressions et à sa droite les pressions élevées. En outre on saisira facilement que les vents d'W et SW, humides et chauds en hiver, parce que d'origine marine, et caractéristiques de nos hivers doux, souffleront en nos régions et sur l'Europe occidentale, quand de basses pressions se trouvent à l'ouest ou au nord-ouest. Inversément des vents boréaux froids s'élèveront, quand nous nous trouvons à gauche d'une dépression, couvrant par exemple l'Europe centrale et qu'une crête barométrique s'observe à l'ouest.

Un hiver rigoureux résulte en partie d'une grande fréquence de jours et de nuits sereins ou peu nuageux. Dans ces conditions, la Terre perd par rayonnement nocturne plus de chaleur qu'elle n'en reçoit le jour ; ce refroidissement est activé lors de la présence d'une couche de neige sur le sol. La faible nébulosité est encore une conséquence de la nature du vent. La formation de nuages sera affaiblie ou arrêtée, quand le vent est d'origine continentale et fait affluer un air desséché et refroidi par un long passage sur des masses continentales, froides en hiver. Tel est le cas chez nous pour les vents d'entre N et E ; ces vents seront encore plus froids s'ils ont passé sur des régions couvertes de neige (1).

(1) Les sondages aériens montrent que, généralement, ces basses températures hivernales sont limitées aux couches les plus inférieures de l'atmosphère. C'est ainsi qu'au cours du mois de janvier dernier, qui fut très froid dans le nord et l'est de l'Allemagne, on a constaté à l'Observatoire aérologique de Lindenberg (au sud-est de Berlin) que la température des couches

En dernière analyse, les variations climatiques signalées plus haut sont, en ce qui concerne l'Europe occidentale, déterminées par les mouvements de trois vastes formations barométriques ou centres d'action, d'existence permanente et à déplacements lents. Ce sont :

1° Deux zones anticycloniques, dont une localisée sur l'Atlantique entre 20 et 40° de latitude septentrionale (maximum des Açores) et l'autre en Sibérie et en Russie (maximum sibérien).

2° Une aire de basses pressions située généralement à l'ouest ou au nord-ouest (parages de l'Islande). La position de ces centres d'action affecte le caractère de l'hiver de la manière suivante. En hiver le temps est froid et sec :

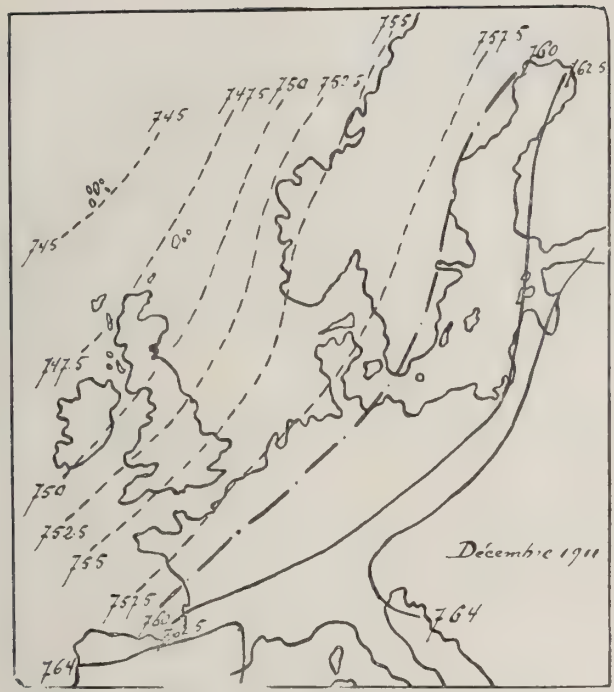
1° Quand le maximum sibérien se propage vers l'ouest et enveloppe une grande partie de l'Europe, sauf l'extrême sud. Par le fait même, la zone dépressionnaire de l'Islande est refoulée et pour nous elle perd de son importance. Cette distribution de pression donne lieu à des vents d'entre E et NE.

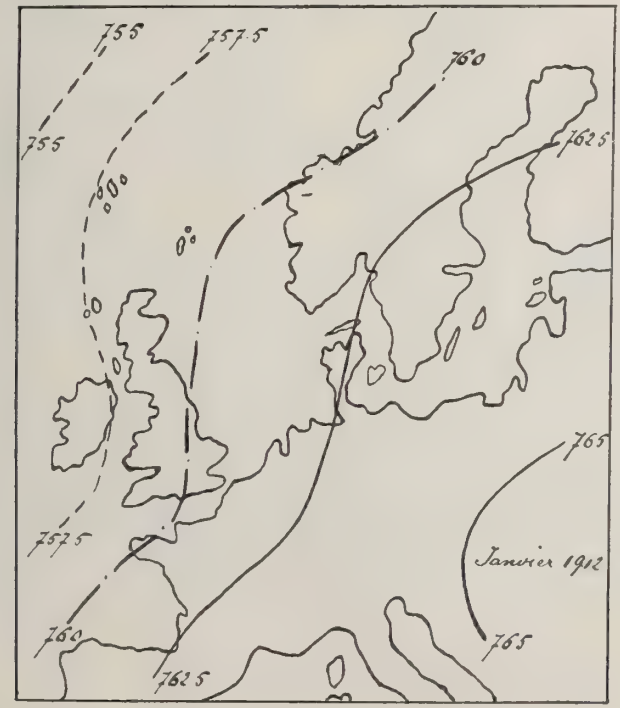
2° Quand le maximum des Açores se propage jusque sur l'Europe centrale. Un air calme ou peu agité, par ciel peu nuageux, accompagne généralement cette situation.

Le temps est froid et humide, quand le maximum des Açores se propage vers le nord et atteint les Iles Britanniques ou leurs parages, et que de basses pressions couvrent l'Europe centrale. Dans ce cas, il y a prédominance de vents boréaux et on note de fréquentes chutes de neige.

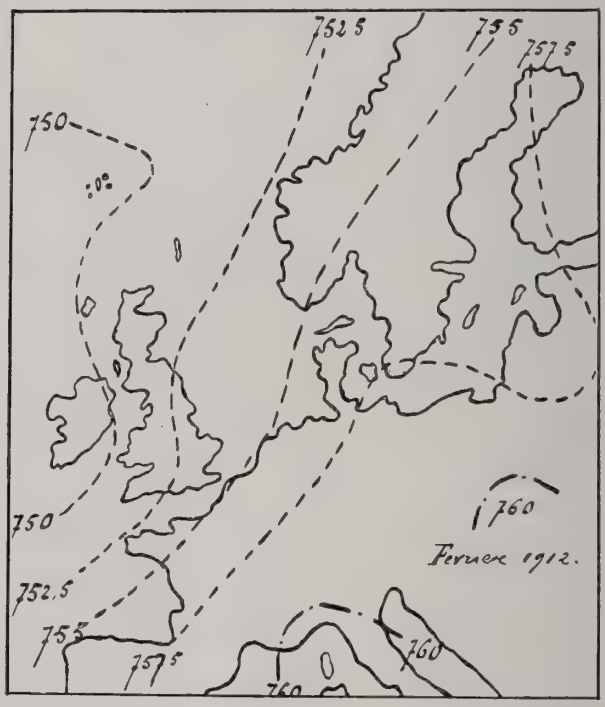
Par contre, les hivers chauds et humides surviennent, quand le maximum océanique et celui de Sibérie restent éloignés et que de basses pressions occupent l'Océan. Celles-ci dérivent du minimum islandais, notablement étendu ou déplacé vers le sud-est et détenant ainsi le rôle prépondérant. Dans ces conditions, des dépressions traversent l'Europe septentrionale, de l'ouest vers l'est ou du nord-ouest au sud-est, et dans leurs secteurs méridionaux se forment des dépressions secondaires, d'où vents forts d'entre S et W, température élevée, pluies fréquentes. C'est cette situation qui a prédominé cet hiver. Pour s'en convaincre, il suffira d'examiner les trois cartes suivantes qui indiquent, pour les mois de décembre, janvier et février, la situation isobarique moyenne à 8 h. du matin.

élevées de l'atmosphère est restée absolument hors de proportion avec celle observée à terre. Aux jours les plus froids, la température à 3000 m. d'altitude était plus élevée qu'à terre, et au moment où on relevait à terre des froids inférieurs à —14°, on notait jusqu'à l'altitude de 2000 m. des températures supérieures à 0° (J. Reger : *Das Wetter*, février 1912).


755
757.5
760
762.5
745
747.5
750
752.5
745
0°
747.5
750
752.5
755
757.5
760
762.5
764
764
Décembre 1911


755
757.5
760
755
762.5
765
757.5
Janvier 1912
760
762.5
765

On reconnaît par leur inspection, que pendant toute la période qui nous intéresse, l'Europe occidentale s'est trouvée le plus généralement dans la zone d'influence d'une aire dépressionnaire, ayant son centre à l'ouest ou au nord-ouest, tandis que les fortes pressions se tenaient éloignées, notamment vers l'est. En outre, les isobares ont eu le plus souvent une disposition S — N ou SW — NE ou très voisine de ces directions. La prédominance d'un tel type isobarique a engendré sur l'ouest du continent une grande fréquence de vents méridionaux, donc un afflux d'air chaud et souvent humide, originaire des basses latitudes et principalement de la partie centrale de l'Atlantique. Ces vents ont maintenu la température élevée.



La fréquence qu'ont eue les vents méridionaux ressort clairement du tableau suivant, qui résume les relevés de la direction du vent faits à Uccle de quatre en quatre heures :

Directions	Décembre	Janvier	Février	Fréquence en p. c. du total des observations	Hiver normal fréquence en p. c.
	Nombre de cas				
SW	91	92	83	25	33
S	147	55	123	31	16
W	34	42	25	8	15
NE	0	43	13	5	8
N	2	19	13	3	3
NW	12	4	4	2	5
SE	84	63	68	20	7
E	2	47	20	6	13

Pendant à peu près tout le cours de cet hiver, la température est restée notablement au-dessus de la normale. On a constaté :

	Max. moyen	Max absolu	Min. moyen	Min. absolu	Nombre de jours de gelée
Décembre	8°3	10°8	3°8	0°0	0
Janvier	6,3	10,0	0.9	—7,8	12
Février	9,6	15,8	2,7	—14,7	5

Les valeurs normales de ces divers éléments sont :

	Max. moyen	Min. moyen	Nombre de jours de gelée
Décembre	5°1	0°0	12
Janvier	4,4	—0,9	14
Février	5,4	—0,6	11

Il n'a fait froid que les 8, 17 et 18 janvier et du 27 janvier au 5 février. C'est la seule période froide qu'on ait subie. Elle a été provoquée par une modification momentanée dans le système isobarique, qui s'est écarté du type prédominant de cet hiver. Cette période a eu des vents boréaux, dus en partie à la présence d'un petit anticyclone secondaire sur les Iles Britanniques et à l'existence d'une zone dépressionnaire sur les régions méditerranéennes. Ce détail montre à nouveau l'étroite relation qui existe entre la répartition de la pression, le vent et la température. Ajoutons que ce coup de froid n'a affecté qu'une partie restreinte de l'Europe. Il ne sera pas sans intérêt de rappeler que pour la période 1er décembre-7 janvier, la moyenne ther-

mométrique (6°1) a été celle qui est normale pour fin mars et que du 7 au 29 février, elle s'est élevée à 8°6, normale de la première quinzaine d'avril.

La grande fréquence de vents humides a favorisé la formation de nuages et la nébulosité a été forte, comme l'établit l'examen des nombres d'heures de soleil enregistrées. Nous les résumons dans le tableau suivant :

	Heures de soleil	Nombre normal	Jours sans soleil
Décembre	25	53	15
Janvier	33	61	18
Février	64	83	6

Pour l'ensemble de l'hiver, le déficit d'insolation atteint donc 38 °/₀ par rapport à un hiver normal. Pendant la dernière quinzaine de décembre, l'astre du jour n'a été découvert que pendant 6 h. 20 m. et du 1er au 23 janvier, 12 h. seulement.

Les précipitations sous forme de pluie ont été abondantes et fréquentes, sauf en février où elles furent à peu près normales. On a fait sur cet élément les constatations suivantes :

	Hauteur d'eau recueillie	Hauteur d'eau normale	Nombre de jours de pluie	Nombre de jours normale	Nombre de jours de neige	Nombre de jours normale
	mm	mm				
Décembre	101	69	25	16	1	5
Janvier	72	64	20	15	8	6
Février	53	58	20	14	3	6
Totaux	226	191	65	45	12	17

L'influence de la température élevée se remarque encore dans la faiblesse du nombre de jours de neige. Les chutes ont en outre été faibles.

La hauteur de l'eau tombée au cours de l'hiver est en excès de 18 °/₀ ; le nombre de jours de pluie de 44 °/₀.

Nous avons fait connaître précédemment les causes directes ou les plus immédiates de la douceur de l'hiver, mais les causes primitives ou originelles nous échappent. Dans l'état actuel de la science, on ne saurait donner les raisons pour lesquelles le type isobarique, décrit précédemment, a prédominé de décembre à février, ni pourquoi les zones anticycloniques de la Sibérie et des Açores n'ont pas envahi davantage le continent européen

et ont rendu possible une extension du minimum islandais. De même, il est impossible d'émettre des prévisions sur les déplacements et positions futurs de ces centres d'action, et de fournir des indications sur le caractère d'une saison future. Les mouvements des centres d'action, comme de toutes les formations barométriques, sont déterminés par des facteurs totalement ou presque totalement inconnus, et on en est réduit à formuler sur ce problème de simples hypothèses. Il semble cependant que le minimum islandais, dont, comme on l'a vu, l'extension vers nos régions est décisive dans la genèse des hivers modérés ou doux, soit sous la dépendance du Gulf stream. Ce courant d'eau relativement chaude circule entre l'Écosse et l'Islande, où son passage se traduit par une anomalie thermique bien prononcée. Or, les zones à excès thermique correspondent à des aires de pression moindre. Un abaissement de température de la partie du Gulf stream qui nous intéresse, se traduira par une atténuation ou un déplacement du minimum islandais et conséquemment, en vertu des principes énoncés précédemment, par un hiver plus rigoureux dans l'ouest de l'Europe. (Hann. *Lehrbuch der Meteorologie*. S. 622).

Cette constatation a été faite pour les hivers de 1881 et 1888.

Il importe de faire remarquer que cet hiver si doux chez nous, fut particulièrement froid dans l'Amérique du Nord et même dans l'Est de l'Europe. Déjà, au milieu du siècle dernier, Dove a constaté que souvent une opposition marquée s'observe entre les conditions thermiques simultanées de l'Europe et de l'Amérique septentrionale.

La présence de saisons anormales soulève maintes fois la question de savoir, d'une part si une périodicité se remarque dans la venue de ces anomalies, et d'autre part, si on constate une relation quelconque entre une saison anormale et celle qui l'a précédée ou celle qui la suit. Nous ne prétendons pas émettre une opinion nouvelle, en disant que les observations n'établissent rien de pareil. Dans une série d'années les saisons anormales se répartissent irrégulièrement et comme au hasard. On peut tout au plus affirmer qu'elles surviennent rarement isolées, et que les étés et les hivers trop froids ou trop chauds se présentent le plus ordinairement par groupes de deux à quatre. En outre, les écarts thermiques des étés ne sont pas aussi prononcés que ceux des hivers. Somme toute, les causes qui règlent la succession des saisons anormales, ne peuvent qu'être des conséquences de celles que déterminent les déplacements des

formations barométriques. Nous avons reconnu précédemment qu'elles nous sont presque totalement inconnues.

Observations phénologiques

La douceur de cette saison a agi énergiquement sur beaucoup de végétaux, sur d'autres elle n'a pas exercé une influence immédiate visible.

Certaines plantes n'ont pour ainsi dire pas interrompu leur croissance et leur vie active. Il en a été ainsi pour les graminées de beaucoup de pâturages de la moyenne et de la basse Belgique. Même remarque pour la plupart des emblavures qui étaient au cœur de l'hiver, tout comme les pâturages, bien verdoyantes. Diverses plantes n'ont pas cessé de fleurir, citons comme exemples : *Bellis perennis, Taraxacum officinale, les Pensées,* dont nous avons rencontré pas mal d'exemplaires en pleine floraison vers la mi-janvier. A la même époque *Jasminum nudiflorum* était en pleine floraison, de même qu'*Helleborus niger ;* les pieds de *Pelargonium* laissés en pleine terre étaient encore intacts. Nous avons encore observé alors :

Pyrus japonica, boutons prêts à s'ouvrir ; *Lonicera tatarica,* bourgeons fortement gonflés ; *Pivoine Moutan,* bourgeons entr'ouverts. Les pieds de rosiers variété *Caroline Testou* portent des fleurs de conformation et odeur normales.

L'influence des chaleurs s'est manifestée le plus visiblement et le plus immédiatement, sur certaines plantes cultivées couramment chez nous, mais originaires d'autres pays et d'introduction relativement récente. Ces plantes adaptées à un régime climatique différent du nôtre, n'ont pas tardé à entrer en végétation et à former de nouvelles feuilles, qui furent malheureusement détruites, en grande partie, par les gelées survenues dans la suite. Nous pouvons citer à ce propos certaines variétés de roses des races Polyantha et Hybrides de thé. Les premières sont originaires du Texas et les autres du Midi de la France ou proviennent d'ancêtres obtenus dans le Midi.

Par contre, les végétaux plus habitués à notre climat n'ont pas répondu à cet appel prématuré. Il en a été ainsi pour nos arbres forestiers et fruitiers, ainsi que pour la plupart des arbustes et plantes herbacées. Ils n'ont commencé à donner des signes de vie active que bien plus tard, dans le courant de février. Nous avons effectué sur ce point quelques observations précises, que nous communiquerons ici, parce qu'à notre connaissance on n'a jamais fait des constatations de ce genre, du moins en Belgique.

Depuis le 29 janvier jusqu'au 8 mars, nous avons fait des mensurations sur des bourgeons à bois ou à fleurs (toujours les mêmes) d'un certain nombre d'arbustes cultivés dans l'enclos météorologique de l'Observatoire. L'opération consistait à prendre la longueur de ces organes (depuis leur point d'insertion jusqu'à leur extrémité) au moyen d'un compas, et à la reporter sur une échelle millimétrique. Les observations ont été faites en général de cinq en cinq jours ; leurs résultats en millimètres sont consignés dans le tableau suivant. Les nombres en caractères gras sont ceux qui dénotent un changement dans la longueur de l'organe étudié. Nous avons cessé les opérations le 8 mars, parce qu'un certain nombre de bourgeons commençaient à s'ouvrir, ce qui rendait les mesures impossibles.

Dates	29/1	8/2	13/2	17/2	22/2	24/2	26/2	1/3	8/3
Plantes									
Laurus cerasus (boutons)	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	**19,0**	19,5	19,5	19,5
	16,0	16,0	16,0	**17,0**	17,0	19,5	22,0	24,5	27,0
	17,0	17,0	17,0	**18,0**	18,5	19,0	20,0	20,0	20,0
Cerasus Padus (yeux à bois)	11,0	11,0	11,0	**12,0**	12,0	14,0	15,0	17,0	23,0
	11,0	11,0	11,0	**11,5**	11,5	12,0	13,5	15,5	20,0
	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	**13,0**	14,5	17,0	20,0
Syringa vulgaris (boutons)	11,0	11,0	11,0	**12,0**	12,0	14,0	16,5	19,0	23,0
	11,0	11,0	11,0	**11,5**	11,5	14,0	15,5	18,0	23,0
	8,5	8,5	8,5	**9,0**	10,0	12,0	14,0	17,0	23,0
	7,5	7,5	7,5	**10,0**	10,0	11,5	14,0	17,5	23,0
Carpinus Betulus (châtons)	13,5	**14,5**	15,0	15,0	15,0	16,0	17,5	18,0	20,5
	12,5	**14,0**	14,0	14,5	14,5	16,0	17,0	17,5	18,5
	11,5	**13,0**	13,0	13,0	13,0	13,5	15,0	15,0	16,5
Ribes sanguineum (boutons)	17,0	17,0	17,0	**17,5**	17,5	18,0	21,0	26,5	—
	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	**15,0**	18,0	—
	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	**14,0**	14,0	17,5	—
Ribes nigrum (boutons)	5,5	5,5	5,5	**6,0**	6,0	6,0	8,0	11,0	19,0
	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	**7,0**	8,0	9,5
	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	**8,0**	8,0	9,0
Sambucus racemosa (boutons)	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	**10,0**	11,5	11,5	15,0
	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	**10,0**	12,5	12,5	16,0

Dates	29/1	8/2	13/2	17/2	22/2	24/2	26/2	1/3	8/3
Plantes									
Salix caprea (châtons)	11,0	11,0	11,0	**15,0**	15,0	15,5	20,0	23,0	27,0
	11,5	11,5	11,5	**15,0**	15,5	17,5	20,0	21,0	26,5
	10,5	10,5	10,5	**15,0**	15,0	18,5	20,0	23,0	27,5
Alnus glutinosa (châtons)	27,0	27,0	**28,5**	32,0	32,0	46,0			
	14,0	14,0	**16,5**	31,5	31,5	50,0			
Aesculus Hippocastanum (bourgeons)	27,5	27,5	27,5	27,5	**28,0**	»	»	28,0	29,0
	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	»	»	21,5	22,0
Corylus Avellana (chatons)	27,0	27,0	**28,0**	28,5	28,5				
	23,5	23,5	**24,0**	25,5	25,5				
	22,0	22,0	**24,0**	25,5	25,5				

Les observations montrent clairement, que la plupart des arbustes étudiés n'ont commencé à se mettre en mouvement, que pendant la deuxième quinzaine de février.

Dès le mois de février, on a commencé à voir fleurir des plantes bien acclimatées. Voici à cet égard quelques constatations faites à l'Observatoire :

Plantes	Date de floraison en 1912	normale	Avance en jours
Coryllus Avellana	10 février	25 février	15
Alnus glutinosa	13 »	3 mars	19
Galanthus nivalis	16 »	23 février	7
Helleborus foetidus	17 »	16 mars	28
Salix caprea	5 mars	26 mars	21
Forsythia viridissima	5 »	5 avril	31
Petasites officinalis	9 »	1 avril	23
Ribes sanguineum	15 »	5 avril	21
Ribes alpinum	20 »	14 avril	25
Pulmonaria	23 »	27 mars	4
Carpinus Betulus	26 »	12 avril	17
Pachysandre procumbens	26 »	7 avril	12
Prunus spinosa	27 »	17 avril	21

Comme on le voit, ces phénomènes de floraison accusent une forte avance, et beaucoup d'entre eux constituent de véritables « records » dans la série déjà longue, des observations phénologiques de l'Observatoire.

E. Vanderlinden,
Météorologiste-adjoint à l'Observatoire royal.

BIBLIOGRAPHIE

I

Exercices de Géométrie, comprenant l'exposé des Méthodes géométriques et deux mille questions résolues, par F. G.-M. Cinquième édition. Un vol. in-8°, xxiv-1298 pages. — Tours, A. Mame et fils, et Paris, J. De Gigord, 1912.

Nous signalons volontiers la cinquième édition de ce recueil, dont l'éloge est superflu. Du reste, l'éloge, s'il fallait le faire, tiendrait dans le fait que voici. Parmi les innombrables ouvrages de Mathématiques élémentaires existants, il y a deux manuels que, depuis plus d'un tiers de siècle, tout professeur de Géométrie, en Belgique comme en France, considère comme ses deux outils de prédilection pour la bonne préparation de son enseignement quotidien et comme les compagnons obligés, sur sa table d'étude, du « livre de texte » quelconque imposé par le programme. Ce sont le *Traité de Géométrie* de Rouché et De Comberousse et les *Exercices de Géométrie* de F. G.-M. Ces deux livres, très différents d'allure, se complètent l'un l'autre. L'un reste le chef-d'œuvre des ouvrages didactiques, modèle de clarté et de sûreté ; l'autre ne cesse de rendre d'infinis services, grâce à l'intérêt et à la variété de ses questions, à son inépuisable richesse et à sa riche documentation. Aussi les *Exercices de Géométrie,* si volumineux soient-ils, — dès la seconde édition, ils dépassaient onze cents pages, — voient leurs éditions se succéder avec une rapidité croissante : 1875, 1882, 1896, 1907, 1912. Chaque édition fut d'ailleurs marquée d'améliorations réelles et parfois considérables. Ainsi la seconde édition apparut enrichie d'un Exposé des Méthodes pour la démonstration des théorèmes et la résolution des problèmes (pp. 1-210) : travail original, d'autant mieux accueilli qu'à cette époque il n'existait guère, en France, d'écrits similaires ; le vaste ouvrage

de Duhamel était trop peu étudié des professeurs de Mathématiques élémentaires, et la traduction française (1880) des *Méthodes et Théories pour la résolution des problèmes géométriques* de Julius Petersen était alors toute récente. Depuis sa troisième édition, le Recueil de F. G.-M. s'est accru d'une précieuse adjonction, la Théorie du Triangle (pp. 1130-1259), théorie d'autant plus intéressante pour le lecteur belge que l'un des principaux créateurs de cette branche de la Géométrie élémentaire est le Professeur Neuberg. La cinquième et présente édition se caractérise par de nombreuses améliorations de détail, par une bibliographie plus abondante que jamais, et par une utilisation plus fréquente encore que précédemment de *Mathesis*, le recueil mathématique des Professeurs Mansion et Neuberg, qui depuis trente-deux ans est le continuateur de la *Nouvelle Correspondance Mathématique* de Catalan : d'ailleurs, F. G.-M. a un extrême souci de toujours indiquer ses sources, et cette abondance de renseignements méticuleux n'est pas une des moindres qualités de son livre.

Les ouvrages qui constituent le *Cours de Mathématiques élémentaires* publié par la maison Mame sous la commune signature F. G.-M., ou auparavant F. I. C., sont de divers auteurs. Il ne nous appartient pas de lever les anonymats qui se cachent sous le trigramme F. G.-M., ou F. I. C., sigle collectif, on le sait, des membres d'un Institut entièrement consacré à l'enseignement. Disons seulement qu'on doit à l'auteur des *Exercices de Géométrie* plusieurs des autres ouvrages de la même collection (1). Ajoutons que, s'il appartient par toute sa longue carrière à un Institut qui ne cesse de bien mériter de la jeunesse par un inlassable labeur, il appartient par sa naissance à une famille dont plusieurs membres ont rendu ou rendent encore à la science française de brillants services. Nous saluons avec respect ce vétéran de l'enseignement mathématique, qui dans sa vieillesse continue à remanier lui-même chaque édition nouvelle de ses *Exercices de Géométrie* et de ses *Exercices de Géométrie descriptive*, sortis de ses mains pour la première fois, les uns et les autres, il y a près de quarante ans. Il nous souvient à son

(1) On lui doit notamment les premières éditions des *Éléments d'Arpentage et de Nivellement*, dont une récente édition nouvelle, transformée par un de ses confrères avec sa large collaboration, a paru sous le titre d'*Éléments de Topographie* et a été louée ici-même par une plume autorisée. — La première édition de ses *Exercices de Géométrie descriptive* est de 1877 : la quatrième est d'il y a trois ans. C'est à lui encore qu'on doit l'apparition des premières éditions du *Cours d'Algèbre* et du *Cours de Mécanique*.

propos d'une parole attribuée au naturaliste Linné : on demandait à cet illustre vieillard le secret de sa science, qui restait vivante et féconde, sans que l'âge la pût affaiblir, et il répondait que la devise constante de sa vie avait été : *Nulla dies sine lineâ*. Ce fut sans doute aussi la devise de l'auteur des présents *Exercices*. Ni le poids des années, ni le poids bien autrement lourd — et qui serait écrasant pour tout autre — de la très haute charge, que lui a imposée il y a quelque quinze ans et pour le restant de sa vie la confiance générale de ses confrères, n'ont grâce à Dieu enlevé à sa main et à son esprit la souplesse et la vigueur, et ne l'empêchent de trouver chaque jour encore, pendant quelques instants, un délassement véritable dans la recherche de quelque savante et merveilleuse combinaison nouvelle des lignes géométriques.

B. L.

II

The Hindu-Arabic numerals. By David Eugene Smith and Louis Charles Karpinski. Boston and London, Ginn. 1911. — Un vol. in-12 de vi-160 pages.

Dans cet élégant petit volume, MM. Smith et Karpinski résument un des chapitres les plus compliqués de l'Histoire des Mathématiques : l'origine de nos chiffres usuels, en réalité chiffres hindous, dits à tort chiffres arabes. Par leurs études antérieures, les deux auteurs se sont acquis une compétence spéciale pour traiter le sujet. Leur but est d'exposer l'état actuel du problème. Cet exposé ils l'écrivent avec la maîtrise que donne naturellement à l'écrivain la conscience d'avoir contribué personnellement à la solution.

La documentation est fort riche et néanmoins assez sobre ; je veux dire que, dans les nombreuses références du bas des pages, MM. Smith et Karpinski ne cèdent pas à la tentation, assez naturelle et pas toujours critiquable, de déballer devant nous leur carnet de notes et de nous communiquer un grand nombre de petits renseignements neufs, intéressants, mais ne se rapportant pas directement au sujet.

L'impression du volume est très soignée, faite à grande bourse, à l'américaine, sans compter. Sur 160 pages de texte, une trentaine contiennent des passages, d'étendue fort inégale il est vrai, reproduits en fac-simile.

Il est malaisé de résumer un résumé, mais voici la traduction des titres des chapitres : Ch. 1. Idées anciennes sur l'origine des chiffres. — Ch. 2. Les anciennes formes hindoues, sans valeur de position des chiffres. — Ch. 3. Les formes hindoues postérieures, avec valeur de position. — Ch. 4. Le symbole zéro. — Ch. 5. Le problème de l'introduction des chiffres en Europe chez Boëce. — Ch. 6. Le développement de l'usage des chiffres chez les Arabes. — Ch. 7. L'introduction définitive des chiffres en Europe. — Ch. 8. Diffusion de l'usage des chiffres en Europe. — Index des noms propres.

H. B.

III

Rodolphe Guimaraes. Les Mathématiques en Portugal. Appendice II. Coïmbre. Imprimerie de l'Université, 1911. — Un vol. in-8° de 107 pages.

En avril 1910, j'ai rendu compte, assez en détail, des *Mathématiques en Portugal* de M. Guimarães ; il me suffit donc d'annoncer l'apparition de ce fascicule supplémentaire. L'*Appendice II* comprend des compléments, pas très nombreux, la période 1909-1910 ayant été peu productive. « L'apathie où s'est trouvé le pays depuis quelques années, dit l'auteur, due à un bien grand nombre de circonstances, surtout politiques, a évidemment empêché le développement des sciences en Portugal ; il n'y a eu donc en ces derniers temps que quelques efforts individuels, assez honorables, couronnés d'un certain succès. » Viennent ensuite des additions et corrections au volume précédent ; enfin des tables générales. Celles-ci, très étendues, bien comprises, donnent son prix au fascicule et le rendent indispensable à tous ceux qui possèdent l'ouvrage de M. Guimarães.

H. B.

IV

Geschichte der Mathematik. II Teil. Von Cartesius bis zur Wende des 18. Jahrhunderts, von Dr. Heinrich Wieleitner, Professor am Gymnasium in Pirmasens. — I Hälfte. Arithmetik, Algebra, Analysis. Bearbeitet unter Benutzung des Nachlasses von Dr. Anton von Braunmühl, weil. Prof. a. d. techn.

Hochsch. in München. Mit 6 figuren. Leipzig. G. J. Göschen. 1911. -- Un vol. in-12, de VIII-251 pages (1).

Cette *Histoire des Mathématiques* a été entreprise en collaboration par MM. Sig. Günther et Ant. von Braunmühl, professeurs à l'École technique supérieure de Munich. Les auteurs s'étaient partagé la matière par une date : à M. Günther, toute l'histoire ancienne et l'histoire du moyen âge, plus l'histoire moderne, jusqu'à Descartes ; à M. von Braunmühl, l'histoire moderne de Descartes aux contemporains exclusivement ; ces derniers n'étant pas regardés comme entrés déjà dans l'histoire.

Le volume de M. Günther parut en 1908. J'en ai rendu compte ici, en octobre de la même année. Malheureusement, le 9 mars 1908, au moment où M. Günther offrait en hommage à M. von Braunmühl un exemplaire de la première partie de leur *Histoire*, son érudit collaborateur, encore dans toute la force du talent, s'éteignait prématurément des suites d'une pénible maladie. Un instant on put croire l'œuvre commune compromise. Mais le regretté défunt laissait un manuscrit très avancé et de nombreuses notes. Madame von Braunmühl les confia à M. Henri Wieleitner, professeur au gymnase de Pirmasens, qui en fit la base de son travail. Cette deuxième partie de l'*Histoire des Mathématiques* formera un tome, divisé en deux volumes, dont le premier, comprenant l'Arithmétique, l'Algèbre et l'Analyse, vient de paraître. En voici le détail :

Ch. I. *Arithmétique*. 1, L'arithmétique en général. 2, Le calcul arithmétique. — Ch. II. *Algèbre*. 1, Théorie générale des équations. 2, Résolution graphique des équations. — Ch. III. *Théorie des nombres*. 1, Coup d'œil d'ensemble. 2, Fermat et ses contemporains. 3, D'Euler à Gauss. 4, Les travaux de Gauss sur la théorie des nombres. — Ch. IV. *Combinaisons et calcul des probabilités*. 1, Combinaisons. 2, Calcul des probabilités et ses applications. — Ch. V. *Les travaux précurseurs du calcul différentiel*. 1, Quadratures et cubatures. 2, Détermination des tangentes. Maxima et minima. Rectifications. Problème inverse des tangentes. — Ch. VI. *Découverte du calcul différentiel et ses premiers emplois. Les séries infinies* 1, La méthode des fluxions de Newton. Premier emploi des séries. 2, Découverte de Leibniz dans la théorie des séries ; son calcul infinitésimal. — Ch. VII.

(1) Ce volume forme le n° LXIII des *Sammlung Schubert*.

Développement systématique du calcul infinitésimal. Période du développement formel de la théorie des séries. 1, Les contemporains de Leibniz et de Newton ; leurs premiers successeurs. 2, Développement formel de la théorie des séries. 3, Établissement ultérieur du calcul différentiel et intégral. — Ch. VIII. *Équations différentielles.* 1, Équations différentielles ordinaires. 2, Équations différentielles partielles. — Ch. IX. *Calcul des variations et des différences. Interpolation.* 1, Calcul des variations. 2, Calcul des différences. Interpolation.

M. Wieleitner termine, à l'exemple de M. Günther, par une bibliographie du sujet. Elle contient exclusivement des histoires générales des mathématiques et des monographies spéciales, sans indication d'aucun ouvrage original de mathématicien ; à l'exception toutefois des extraits réédités dans la collection des classiques d'Oswald. Les monographies spéciales sont classées par ordre des chapitres.

En résumé, le volume de M. Wieleitner est un excellent petit travail, à recommander à tous les mathématiciens, qui désirent avoir de l'histoire de leur branche une connaissance d'ensemble, tout en n'ayant pas sous la main les bibliothèques nécessaires pour faire les recherches personnelles, ni même parfois le temps voulu, pour lire des histoires aussi étendues que les *Vorlesungen* de Cantor.

H. Bosmans.

V

Annuaire pour l'an 1912, publié par le Bureau des Longitudes. — Un vol. in-16 de 692-47-34-43 pages. Paris, Gauthier-Villars.

Le présent *Annuaire* contient des renseignements détaillés relatifs à la Physique et à la Chimie, mais ne contient pas les données géographiques. On y trouve le tableau complet des éléments des petites planètes, mais on a supprimé le calcul des altitudes par le baromètre, les parallaxes stellaires, les étoiles doubles, les mouvements propres, la spectroscopie stellaire.

Deux notices terminent le volume ; elles ont pour objet, la première : *La température moyenne des diverses parties de la France,* par M. G. Bigourdan ; la seconde : *Des notions sur la Méthode des moindres carrés,* par M. P. Hatt.

VI

Leçons sur la Cartographie, par P. J. E. Goedseels, Administrateur-Inspecteur de l'Observatoire royal de Belgique, Professeur à l'Université de Louvain. Un vol. in-4° de vi-142 pages, 7 figures et 9 planches. — Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Ce fascicule du cours d'astronomie, géodésie, topographie et géographie mathématique est un livre de texte remarquable. L'auteur n'a pas pour but d'exposer dans le détail tous les procédés de représentation cartographique et chacun de leurs avantages ; il suppose apprise ailleurs la partie technique de la cartographie et dans sa manière d'en enseigner la partie scientifique il a en vue la formation intellectuelle des élèves autant que leur instruction professionnelle. Il s'en explique dans la préface :

« Cette partie scientifique n'est qu'une application de la géométrie analytique et de l'analyse infinitésimale. L'enseignement universitaire doit donc se borner, à notre avis, 1° à montrer comment les problèmes cartographiques se posent et se résolvent ; 2° à dégager et à mettre en évidence les méthodes et les principes qui servent généralement dans la résolution de ces problèmes (p. V). »

La division du livre répond bien à ce programme. La première partie, préliminaire, expose clairement les différents systèmes de coordonnées que l'on peut avoir à employer en cartographie, et, pour chacun, les formules principales. La deuxième élucide, dans leur généralité, la représentation de deux surfaces l'une sur l'autre et les questions qu'elle peut soulever : étude des longueurs, des aires et des directions. Ces principes généraux mettent à même de comprendre véritablement les applications les plus importantes en cartographie développées dans la troisième partie : projection plate-carrée, cartes marines de Mercator, projections centrale, stéréographique, équivalentes (projection de Bonne). Le dernier chapitre concerne la représentation des petites étendues, d'usage exclusif en topographie.

Un point essentiel dans l'étude rationnelle des sciences mathématiques appliquées est de saisir exactement le sens et la portée des questions ; on doit pouvoir les mettre sous forme de problèmes, où soient nettement indiquées les données et les inconnues ; pareille mise au point suffirait en général à quiconque

possède les éléments de géométrie analytique et d'analyse infinitésimale : il n'aurait pas de peine à trouver par lui-même la réponse. M. Goedseels n'aime pas l'exposé didactique ; il réduit les théories en problèmes et à ceux-ci il donne leur forme strictement mathématique.

Les étudiants qui s'appliqueront à ses *Leçons* y trouveront une bonne méthode pour l'étude des mathématiques appliquées et s'estimeront heureux de pouvoir mieux utiliser par eux-mêmes les théories de la géométrie analytique et de l'analyse infinitésimale.

H. D.

VII

Traité d'énergétique ou de Thermodynamique générale, par Pierre Duhem, Correspondant de l'Institut de France, Professeur de Physique théorique à l'Université de Bordeaux.—2 vol. gr. in-8° de 528 et 504 pages. Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Ce n'est pas auprès des lecteurs de la Revue des Questions scientifiques qu'il serait utile de longuement insister pour mettre en évidence la haute portée des belles recherches théoriques qu'avec une si inlassable continuité d'effort et un talent si remarquable poursuit le savant Professeur de l'Université de Bordeaux. Lorsque l'on considère la somme des travaux, de si grande importance, qui se sont accumulés sous sa plume dans l'ordre de la philosophie et de l'histoire des sciences, travaux qui eussent suffi, à eux seuls, à asseoir la réputation de leur auteur, on se prend à se demander comment il a pu arriver à pousser parallèlement les profondes investigations personnelles qui ont déjà fourni de sa main la matière de tant d'ouvrages originaux.

La principale préoccupation de M. Duhem a été, peut-on dire, de systématiser l'application des mathématiques à l'étude des phénomènes naturels. Sans doute n'est-il pas d'objectif plus séduisant à assigner à notre activité scientifique, non plus que de tâche entourée de plus subtiles difficultés ; il faut, pour s'y risquer, joindre à une habileté consommée dans le maniement des méthodes de l'analyse une connaissance approfondie et même, peut-on dire, un sens aigu des choses de la physique ; le rare assemblage de ces précieuses qualités se rencontre à un

degré élevé chez M. Duhem, et c'est ce qui lui a permis d'aborder une entreprise aussi ardue que la mise au point, sous le rapport didactique, d'un Traité général d'énergétique.

On sait assez que la réduction de toutes les propriétés physiques à de simples questions de mouvement local, autrement dit, l'explication purement mécanique de l'univers, semble, à de nombreux esprits, devoir être rangée aujourd'hui au nombre des chimères. Ce n'est pas à dire que quelques savants ne s'essaient encore, par une sorte d'élargissement de la Mécanique de d'Alembert et de Lagrange, à atteindre à une conception purement mécaniste de la physique (1) ; ils ne se dissimulent point, d'ailleurs, l'extrême difficulté d'une telle tâche et s'efforcent surtout d'arriver à ne pas la faire tenir pour définitivement irréalisable, moyennant de nouveaux progrès encore indéterminés de la mécanique théorique.

Les physiciens de l'école de M. Duhem, convaincus, au contraire, à tout le moins pour un long avenir, de l'inanité d'une telle tentative, et abandonnant résolument l'espoir d'atteindre, par la voie de la mécanique, à un déterminisme complet des phénomènes, ne se soucient que de donner une sorte d'image analytique de ceux-ci, permettant à l'esprit de s'en saisir plus aisément, de les classer suivant une ordonnance rationnelle et d'en poursuivre enfin les conséquences de façon systématique.

Cette représentation mathématique des phénomènes naturels, née d'un rapprochement de la thermodynamique et de la mécanique rationnelle, à laquelle, depuis vingt-cinq ans, l'auteur consacre ses efforts, a trouvé son expression la plus générale dans ce qu'après Rankine on appelle aujourd'hui l'*énergétique,* sorte de code où chaque partie de la physique doit trouver les lois générales auxquelles se subordonneront ses lois particulières. On conçoit, sans qu'il soit besoin d'y insister, les extraordinaires difficultés d'une telle synthèse. Chaque loi énergétique est destinée à être invoquée dans les circonstances les plus diverses, à être appliquée aux phénomènes les plus variés ; si l'on ne veut pas qu'elle se heurte à d'innombrables contradictions, il la faut énoncer sous une forme à la fois très générale et très précise, qui ait prévu toutes les espèces et signalé d'avance tous les cas d'exception.

(1) Voir dans la Revue des Questions scientifiques de janvier 1911 (p. 277), l'analyse du livre du Commandant Combebiac sur *Les actions à distance.*

M. Duhem, nous l'avons déjà dit, était particulièrement qualifié pour mener à bien une tâche aussi complexe. Mais son esprit puissamment généralisateur sait ne pas s'abstraire des contingences qui doivent intervenir dans l'application des principes pour leur conférer toute leur fécondité. Se rendant compte de ce que les minutieuses précautions avec lesquelles chaque notion doit être définie, chaque loi formulée, pourraient avoir en soi de pénible et de rebutant, il a soin, par des exemples convenablement choisis, de montrer à quel point ces conditions sont nécessaires et de quelle manière on en doit tenir compte ; et, ces exemples, il les emprunte à la mécanique des fluides, à l'élasticité, à la théorie des changements d'état, à la mécanique chimique, établissant ainsi un lien nettement apparent entre ces disciplines diverses et l'énergétique générale.

A lui seul, le Chapitre I, qui porte modestement le titre de *Définitions préliminaires* et contient un examen critique des notions fondamentales sur lesquelles repose tout l'édifice de la physique, est d'une vaste portée philosophique et mérite d'être spécialement médité. Il en résulte notamment que « chaque fois qu'on se propose, au moyen d'un instrument, de substituer un symbole numérique à une certaine propriété physique, qualitative ou quantitative, cette substitution résulte toujours d'opérations mentales très complexes, très difficiles à analyser, et qui ne se laissent jamais réduire aux seules règles de la logique déductive. »

Non moins important au point de vue philosophique est le chapitre II, consacré au *Principe de la conservation de l'énergie,* fondement de toute théorie énergétique. L'exposé très intéressant et très complet qu'en donne l'auteur est le développement de celui qui s'est déjà rencontré sous sa plume dans son *Commentaire aux principes de la Thermodynamique.*

Le chapitre III, qui traite, sous la forme la plus générale, *du travail et des actions,* s'éclaire, conformément à la remarque d'ensemble faite plus haut, d'exemples particulièrement topiques dérivant du schème général par spécialisation des variables indépendantes servant à définir chaque état du système ; ces exemples sont fournis par le point matériel, le corps solide invariable, le corps déformable constamment homogène, la phase de la mécanique chimique, le fluide homogène de la thermodynamique élémentaire, et, pour le cas de plusieurs systèmes indépendants, par le système de points matériels et le système d'éléments infiniment petits de densité variable.

Après avoir développé, au chapitre IV, l'exposé qu'il a déjà indiqué, en ce qui concerne *la quantité de chaleur*, dans son *Commentaire* déjà cité, l'auteur aborde, dans le chapitre V, l'étude du cas où la variation de cette quantité de chaleur est nulle et qui correspond à la *Mécanique des solides invariables*, théorie applicable aux systèmes dont les liaisons peuvent être définies sans le secours d'aucune notion étrangère à la géométrie, et, plus particulièrement, à la *Mécanique rationnelle*, lorsque ces liaisons sont exemptes de résistance passive. On saisit *a priori*, le puissant intérêt de cette filiation des disciplines propres à nous guider dans l'étude des phénomènes naturels.

Ayant, au chapitre VI, donné, en l'éclairant par divers exemples, *la définition normale d'un système*, l'auteur envisage, au chapitre VII, à titre de *préliminaires du principe de Carnot*, les particularités qu'offrent les systèmes auxquels il restreindra dorénavant son exposé et qui sont soumis à certaine hypothèse restrictive touchant leur équilibre, hypothèse qui exclut de l'application des règles de statique générale posées par la suite les systèmes affectés soit de frottement, soit d'hystérésis.

N'ayant dès lors en vue que les seuls systèmes qui, encore bien que très généraux, satisfont aux conditions admises, M. Duhem développe, avec une incomparable maîtrise, l'application des principes fondamentaux de l'énergétique à la statique générale en une suite de chapitres par lesquels se complète le Tome I et qui ont respectivement pour objet : *le Principe de Sadi Carnot et de Clausius ; le Potentiel thermodynamique interne et l'Entropie ; l'équilibre d'un système holonome ; le déplacement de l'équilibre*, l'exposé de l'auteur étant, en toutes ses parties, éclairé, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le faire remarquer, par de multiples exemples empruntés à la mécanique des fluides, à l'élasticité, à la mécanique chimique.

Le Tome II, qui s'ouvre avec le chapitre XII, a pour objet l'établissement de la dynamique générale.

En la mécanique classique, le passage de la statique à la dynamique se fait à l'aide du principe de d'Alembert ; en énergétique, le passage correspondant se fait à l'aide d'un postulat qui est une extension du principe de d'Alembert ; au travail virtuel des actions extérieures, ce postulat prescrit d'ajouter non seulement le travail virtuel des actions d'inertie, mais encore le travail virtuel des actions de viscosité. L'étude de ces actions de viscosité est donc le préambule obligé de la dynamique générale.

Les principes de l'énergétique ne suffisent pas, à eux seuls, à

assurer la mise en équations du problème que pose le mouvement d'un système ; il leur faut adjoindre des relations, dites *supplémentaires,* qui sont fournies par d'autres hypothèses ; c'est ainsi que pour les systèmes en lesquels la chaleur se propage exclusivement par conductibilité, les relations supplémentaires sont fournies par la théorie de la conductibilité de la chaleur. C'est ce qui amène l'auteur à consacrer un chapitre à l'examen de cette théorie.

La formation des relations supplémentaires exige qu'on ait défini ce qu'il convient d'entendre par ces mots : *quantité de chaleur que dégage chacune des parties du système.* Trop souvent, on a discuté au sujet de cette quantité de chaleur sans l'avoir définie, au risque d'aboutir à d'insolubles controverses.

Lorsqu'il est question de parties indépendantes les unes des autres, la définition de la quantité de chaleur dégagée par chacune de ces parties ne souffre aucune ambiguité ; il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de parties contiguës qui glissent l'une sur l'autre avec viscosité ; dans ce cas, deux définitions distinctes peuvent être données de la quantité de chaleur ; l'une a été proposée autrefois par M. Duhem lui-même, et l'autre, plus récemment, par M. E. Jouguet ; elles sont également acceptables, puisque ce sont des définitions de nom ; il importe seulement, lorsqu'on énonce un théorème où figurent les mots *quantité de chaleur,* de se rappeler quelle est celle des deux définitions qu'on adopte. L'auteur a pris soin de développer les conséquences de chacune des deux définitions afin d'éviter toute confusion de l'une avec l'autre ; cette précaution est surtout utile en l'étude des célèbres inégalités de Clausius.

Les conséquences des deux définitions deviennent presque identiques lorsqu'il s'agit de systèmes continus. Ces systèmes sont ceux auxquels la physique mathématique a le plus souvent affaire. Ordinairement, pour passer des systèmes définis par un nombre limité de variables aux systèmes continus, on se contente des indications que fournit l'intuition ; la méthode n'est pas sans danger ; elle peut fort bien conduire à des extensions illégitimes. Aussi l'auteur a-t-il donné, de ce passage, une théorie marquée au coin d'une particulière rigueur.

La formation des relations supplémentaires permet d'analyser les divers cas où un système admet une énergie utilisable. Parmi ces cas, il en est un que l'auteur étudie avec un soin tout spécial, c'est celui où un système, sur lequel la chaleur se propage uniquement par conductibilité, est enfermé dans une enceinte

adiabatique ; découvert par M. Gouy, ce cas se trouve sensiblement réalisé, comme l'ont montré M. Stodola et M. E. Jouguet, en divers problèmes que pose la physique industrielle.

Les systèmes doués d'une énergie utilisable sont à peu près les seuls dont le mouvement puisse être étudié d'une manière quelque peu approfondie ; ce sont, en particulier, les seuls pour lesquels on sache discuter le problème de la stabilité de l'équilibre.

Dans le domaine de la mécanique classique, Lagrange a fait connaître une condition qui assure la stabilité de l'équilibre, et Lejeune-Dirichlet a donné à la démonstration de Lagrange une perfection qui l'a rendue classique. L'extension de la proposition de Lagrange et Lejeune-Dirichlet à tous les systèmes doués d'énergie utilisable présente un grand intérêt ; mais cette extension réclame que soient levées diverses difficultés : les unes découlent de ce fait que la perturbation initiale peut ne pas respecter les relations supplémentaires grâce auxquelles il existe une énergie utilisable, les autres sont particulières aux systèmes continus. Un chapitre tout entier est consacré à la solution de ces difficultés.

La recherche des conditions hors desquelles un état d'équilibre ne peut être stable est particulièrement ardue ; M. Liapounoff et M. Hadamard ont, en poursuivant cette recherche, obtenu quelques théorèmes relatifs au système dénué de viscosité ; l'auteur expose ces théorèmes et y ajoute quelques propositions analogues relatives aux systèmes doués de viscosité. Il donne également, d'après M. Routh, et en la complétant quelque peu, la théorie des petits mouvements.

Le dernier chapitre de l'Ouvrage est consacré à la stabilité de l'équilibre relatif ; divers critères permettant l'affirmation de cette stabilité ont été donnés par W. Thomson et Tait, par M. H. Poincaré, enfin par M. Liapounoff ; l'auteur les justifie successivement en marquant avec soin les conditions en lesquelles chacun d'eux est applicable.

C'est, dans le domaine de la philosophie naturelle, un véritable monument que vient d'édifier là le savant Professeur de Bordeaux.

Ph. du P.

VIII

W. Nernst, professeur à l'Université de Berlin. Traité de chimie générale. Ouvrage traduit sur la sixième édition allemande par A. Corvisy. Deuxième partie. *Transformation de la matière et de l'énergie.* Un vol. grand in-8° de 422 pages. Paris, A. Hermann et Fils, 1912.

En rendant compte de la première partie de ce magistral Traité, nous avons dit l'abondance des données qu'il renferme et l'excellence de leur mise en œuvre. La seconde partie n'est ni moins riche, ni moins intéressante. Elle est consacrée à la *Théorie de l'affinité chimique* et se divise en deux livres, l'un traitant des *transformations de la matière,* l'autre des *transformations de l'énergie.*

On peut assigner comme but final à la *théorie de l'affinité* — principe mystérieux des transformations chimiques — la solution de ce problème : Ramener à des actions physiques bien étudiées toutes les causes qui agissent dans les transformations de la matière. On s'y est exercé dès longtemps. « Il n'est pas une seule action réciproque des corps découverte par la physique qui n'ait été invoquée pour l'explication des forces chimiques. » Jusqu'ici le succès n'a pas répondu à la subtilité dépensée. « On ne peut confesser avec trop de franchise que nous sommes encore très loin du but... » Laissant provisoirement la question de l'*essence* des forces en jeu dans les transformations chimiques, ou *pourquoi* elles se font, l'auteur s'attachera donc à écrire *comment* elles se font, ou à déterminer le *mode d'action* de ces forces et particulièrement leurs dépendances des conditions extérieures, telles que le rapport des masses, la température, la pression, l'électricité et la lumière. La détermination et les applications de ces lois forment l'objet de ce volume, qui achève l'exposé de la Chimie théorique.

Le livre III étudie les transformations de la matière dans leur dépendance des rapports quantitatifs des substances réagissantes, sans avoir égard aux changements d'énergie qui les accompagnent. Cette étude des *transformations de la matière,* comprend : 1. La loi de l'action chimique des masses ; 2. La statique chimique : systèmes homogènes ; 3. La statique chimique : systèmes hétérogènes ; 4. L'équilibre chimique dans les solutions salines ; 5. La cinétique chimique.

On aborde ensuite les phénomènes chimiques envisagés du point de vue des changements d'énergie qui se manifestent par la variation d'un ou de plusieurs facteurs dont les principaux sont la *température*, la *pression*, l'*électricité* et la *lumière* ; c'est l'objet du Livre IV : *Les transformations de l'énergie*. Les actions de la pression et de la température sur les phénomènes chimiques, le dégagement de chaleur et le travail extérieur qui les accompagnent, sont les plus importantes et les plus générales. Elles forment l'objet propre de la *Thermochimie* à laquelle l'auteur consacre les cinq premiers chapitres du Livre IV : 1. Application du premier principe de la chaleur. 2. Température et équilibre chimique complet. 3. Température et équilibre incomplet. 4. Vitesse de réaction et température. 5. Chaleur et énergie chimique.

Les chapitres suivants traitent de l'*Électrochimie :* 1. Faits généraux. 2. Théorie thermodynamique. 3. Théorie osmotique.

Enfin le dernier chapitre expose les traits essentiels de la *Photochimie*.

Trois notes du traducteur complètent l'ouvrage : I. Sur les membranes semi-perméables et la détermination des poids moléculaires ; II. Sur la radioactivité ; III. Sur le nombre absolu de molécules que contient un volume gazeux.

Nous empruntons à la seconde les lignes suivantes qui peuvent intéresser un grand nombre de nos lecteurs.

« Les propriétés si singulières et si inattendues des corps radioactifs ont paru d'abord devoir ébranler les principes les plus généraux de la philosophie naturelle, les principes de la conservation de la matière et de la conservation de l'énergie. Ces principes ont résisté et sont plus que jamais la base de toute notion scientifique ; mais la théorie atomique doit subir une modification profonde. S'il n'est pas douteux que les formules et les équations de la chimie continueront à être pratiquement vraies, il n'est pas moins certain que ce que l'on nomme atome ne peut plus être la masse indivisible, constante, immuable, caractéristique de chaque élément chimique. Les forces chimiques peuvent diviser la molécule, mais leur action s'arrête à l'atome ; des forces nouvelles, naguère insoupçonnées, sont entrées en jeu et l'atome lui-même est divisé ; des morceaux peuvent en être successivement détachés et il se forme des particules plus petites qui caractérisent des éléments nouveaux, mais non nécessairement immuables. Aucune expérience, il est vrai, ne nous autorise à admettre que les atomes des éléments

chimiques ordinaires soient encore capables de désagrégation, mais cela pourrait tenir à la lenteur du phénomène et à l'insuffisance de nos moyens d'observation. Sans doute, la sensibilité de l'électromètre pour les corps radioactifs est incomparablement supérieure à celle de toutes les autres méthodes chimiques ou physiques, puisqu'elle permet de déterminer 10^{-12} g. de radium ; mais elle n'est pas illimitée. D'autre part, si l'on compare la durée de la transformation de l'uranium avec celle de l'émanation de l'actinium, on trouve qu'elle est $3{,}5.10^{6}$ fois plus longue que cette dernière ; d'après cela il n'y aurait aucune absurdité à penser qu'il existe des éléments dont la transformation serait des millions de fois plus lente que celle de l'uranium et dont les rayons ne pourraient plus être mis en évidence par l'électromètre. Le plomb, par exemple, manifeste une très faible radioactivité, qui est à peu près à la limite de sensibilité de l'électromètre ; mais, d'après Elster et Geitel, elle serait due à des traces de polonium. Il n'est donc pas établi expérimentalement que la radioactivité est une propriété générale de la matière. L'association constante de certains éléments dans la nature serait une probabilité en faveur de cette opinion, mais il n'en est pas de même de ce fait, que la faible radioactivité manifestée par certaines substances peut le plus souvent être rapportée à la présence de petites quantités de corps nettement radioactifs, radium, thorium, etc. Les terres, les eaux, l'air sont toujours plus ou moins radioactifs, ce qui est dû au radium, à son émanation, à ses produits de désagrégation et aussi au thorium. Par ses recherches sur de nombreuses roches, Strutt arrive à cette conclusion que chaque centimètre cube de l'écorce terrestre contient en moyenne 8.10^{-12} g. de radium. Ceci peut avoir une grande influence sur la température du globe ; on a vu, en effet, qu'un gramme de radium dégage par heure plus de 100 calories ; or, d'après les calculs de Rutherford, pour maintenir constante la température du globe, il faudrait fournir annuellement $2{,}2.10^{-7}$ calories par centimètre cube, et pour cela il suffirait de $2{,}6.10^{-13}$ g. de radium par centimètre cube, quantité 30 fois plus faible que celle que Strutt aurait trouvée. Il faudrait encore ajouter à cela la chaleur dégagée par l'uranium, le thorium et l'actinium ; il résulte de là que la température de la terre, au lieu de s'abaisser dans le cours des âges, comme le prétendent les astronomes, devrait s'élever. Cette contradiction est encore inexpliquée ; mais le peu d'activité des laves provenant de l'intérieur de la terre permet de supposer

que les matériaux radioactifs ne se trouvent guère que dans l'écorce terrestre.

» La désagrégation des éléments radioactifs met en jeu des quantités énormes d'énergie, puisque par sa transformation en radium D, un gramme de radium dégage une quantité de chaleur égale à celle que fournirait la combustion de plusieurs centaines de kilogrammes de charbon. Ces éléments constituent donc une immense réserve d'énergie potentielle inattendue, et si réellement la radioactivité est une propriété générale de la matière, cette énergie dépasse toute imagination, et toutes celles que nous connaissons ne sont que peu de chose auprès d'elle. Pour le moment cette énergie n'est pas à notre disposition, car nous ne connaissons aucun moyen d'agir sur la désagrégation des éléments, soit pour l'accélérer, soit pour la retarder ; si nous trouvions ce moyen et qu'il fût d'une application facile, il est certain que toutes les énergies physiques et chimiques que nous utilisons seraient reléguées au second plan ; mais jusqu'ici cette question est plus du domaine de l'imagination que de la science. »

Il y a d'ailleurs bien d'autres valeurs économiques immenses qui attendent encore, pour la plus grande partie, d'être utilisées. Ainsi, la Terre reçoit continuellement du Soleil une puissance d'environ 200 trillions de chevaux-vapeur — plus de deux millions de fois la puissance réunie de tous nos moteurs à vapeur et autres. — De cette quantité d'énergie, trois millionièmes au plus sont utilisés photochimiquement par le règne végétal ; le reste quitte le globe sans avoir produit de travail utile. « Vu ces énormes quantités d'énergie il n'est pas besoin d'être prophète pour prédire un âge de la photomécanique et de la photochimie industrielles (1). »

N. N.

IX

Théorie de la couche capillaire plane des corps purs, par Gerrit Bakker *(Scientia,* série Phys.-Math. n° 32). Un vol. in-8° de 93 pages ; 13 fig. dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1911.

Ceci n'est point un traité de capillarité, dans le sens ordinaire du mot. On y range point, à la suite de Laplace, de Gauss et de

(1) R. Luther, *Aufgaben der Photochemie.* Leipzig, 1905 ; cité dans le traité de Nernst, II, p. 389.

Young, les phénomènes capillaires dans le domaine de la statique, en se bornant, en dernière analyse, à considérer la couche terminale du liquide comme douée d'une force élastique et d'une énergie de surface. C'est de cette couche terminale elle-même qu'il s'agit. On en fait la théorie cinétique : on étudie l'état de chacun de ses éléments de volume, la relation qui existe, en chacun de ses points, entre la pression hydrostatique dans une direction donnée, la densité en ce point, etc. Bref, ce que l'on veut, c'est pénétrer la nature des forces et des énergies qui siègent dans cette couche limite et rendre compte de l'existence de la tension superficielle d'où découlent les phénomènes apparents.

A la solution de ce problème, ont travaillé Fuchs (1888), Rayleigh (1890, 1892), Van der Waals (1893), Hulshof (1900),.. et surtout l'auteur de cet opuscule, M. Bakker (1899-1910) qui nous donne un aperçu de l'ensemble de ces travaux : c'est aux physiciens de profession qu'il s'adresse.

Voici le résumé de la table des matières.

Abrégé historique. Faits généraux. Principe de l'hydrostatique et propriété fondamentale de la couche capillaire. Théorie de la capillarité de Thomas Young. Considérations cinétiques et statiques. La distribution de la densité dans la couche capillaire. L'énergie capillaire ou la constante de Laplace. L'épaisseur de la couche capillaire plane. La couche capillaire courbe.

Théorie de la couche capillaire plane. Les deux phases homogènes du liquide et de la vapeur ne peuvent être séparées par un plan. La fonction potentielle des forces attractives. Énergie potentielle par unité de volume. Tensions dans le milieu extérieur. Pression moléculaire. Tension superficielle. Méthode de Laplace, méthode de Fuchs. Calcul de la constante de Laplace au moyen de la pression thermique. Une propriété de la constante capillaire de Laplace : $H = 3A - 2B$, où H = constante de Laplace, A = travail qu'il faut dépenser pour mettre les particules en dehors de leurs rayons d'activité respectifs et B = viriel des forces moléculaires. Équation différentielle de la densité dans la couche capillaire. Le potentiel et la force en un point de la couche capillaire. L'épaisseur de la couche capillaire. La pression hydrostatique et l'équation d'état de la couche capillaire.

N. N.

X

Géologie du Bassin de Paris, par M. Paul Lemoine, Vice-Président de la Société Géologique de France. — Un vol. grand in-8° de 408 pp., 136 figures et 9 planches coloriées. Paris, A. Hermann et fils.

En écrivant cet ouvrage, M. Paul Lemoine s'est proposé de résumer et de synthétiser les nombreux travaux publiés pendant

plus d'un siècle sur cette région classique par excellence qu'est le Bassin de Paris. Procédant méthodiquement, suivant l'ordre de succession des formations, il a réuni et coordonné une série d'études en quelque sorte monographiques. Très abondamment documenté, rompu lui-même à la pratique des études géologiques sur le terrain, auteur de plusieurs travaux sur le Bassin de Paris, M. Paul Lemoine a su éviter de donner à son livre l'allure d'une banale compilation.

Le soin qu'a pris l'auteur d'introduire, toutes les fois que faire se peut, un bref résumé ou un énoncé de conclusions comme fin de chapitre, le souci qu'il a eu d'illustrer son exposé de nombreux dessins, croquis schématiques, voire cartes coloriées, rendent facile et attrayante la lecture de l'ouvrage. Un index bibliographique d'environ 800 numéros, des tables alphabétiques de noms d'auteurs, d'espèces fossiles, et de localités citées en font une précieuse source de renseignements.

Parmi les cartes et croquis dont s'accompagne le livre de M. Lemoine, beaucoup, dit l'auteur lui-même, sont forcément schématiques, et il réclame pour eux l'indulgence. Il est à craindre pourtant que le lecteur belge n'éprouve quelque surprise, en consultant la carte géologique en couleurs de la planche I, de voir une couverture crétacée s'étendre sur le bassin houiller jusque tout près de Namur. Ce doit être tout simplement une erreur de copiste.

Au demeurant, le livre que vient de publier M. Lemoine nous paraît de nature à rendre de précieux services. M. Lemoine se proposait, bien qu'il eût surtout à présenter l'œuvre d'autrui, « d'apporter, dans le choix des documents et dans leur mise en œuvre, une contribution personnelle ».

Il ne nous paraît point douteux qu'il y ait pleinement réussi.

F. K.

XI

Leçons de Cristallographie, par G. Friedel. Ingénieur en chef des Mines, Directeur de l'École nationale des Mines de St-Étienne. — Un vol. gr. in-8° de IV-310 pages, 383 figures. Paris, Hermann et fils, 1911.

Le livre qu'a publié en 1911, sous ce titre, le savant directeur de l'École des Mines de St-Étienne, mérite de prendre rang parmi les ouvrages didactiques les plus remarquables qui aient

été écrits en langue française sur la cristallographie. Il ne faut y voir ni un traité complet sur la matière, ni un simple manuel : ce sont bien des leçons, dans lesquelles on retrouvera, mises à la portée des débutants, les considérations si pleines de clarté et de jugement qui ont fait l'objet des beaux travaux publiés précédemment par M. Friedel sur les groupements cristallins et sur les bases expérimentales de l'hypothèse réticulaire. M. Friedel se devait à lui-même de donner, au début de son livre, une définition irréprochable de la matière cristallisée et du cristal. C'est à quoi il consacre son introduction, montrant que « la matière cristallisée est celle qui a des propriétés vectorielles discontinues », et qu'il faut appeler cristal « toute masse homogène de matière cristallisée ».

La première partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude du cristal homogène, la seconde traite des édifices cristallins complexes et des transformations.

Le premier chapitre contient l'étude des propriétés vectorielles discontinues qui forment le domaine de la cristallographie géométrique.

Il n'y est fait aucun abus de l'appareil mathématique cher à tant de cristallographes. « On s'est contenté, dit l'auteur, d'indiquer le principe des calculs cristallographiques, fastidieux instrument nécessaire au cristallographe, mais dépourvu d'intérêt pour qui ne s'occupe pas de recherches nouvelles. »

La loi de Romé de l'Isle, la loi d'Haüy et la loi de Bravais y sont présentées comme tirées de l'observation. Cette dernière loi n'est, dit M. Friedel, que la loi d'Haüy précisée et exprimée avec plus de rigueur. « Il est à remarquer, dit-il, que cette loi, déjà entrevue par Haüy, n'a pas été présentée par Bravais, puis par Mallard, comme une loi d'observation, mais comme une théorie rationnelle du genre cartésien, déduite par des raisonnements plus que contestables, d'une hypothèse aujourd'hui insuffisante sur la constitution des cristaux. Inacceptable sous cette forme, la loi est restée sans influence sur la cristallographie. On ne s'est avisé que récemment, qu'elle est en réalité une loi d'observation fondamentale, qui précise et remplace la loi d'Haüy, qui ne dépend d'aucune théorie, et à laquelle toute théorie à venir devra se plier. »

M. Friedel donne un énoncé précis de la loi de Bravais, dont il définit exactement l'importance et la portée : « Elle vient donner un sens objectivement précis à la notion de réseau cristallin, et à la détermination des paramètres ».

Le chapitre II est consacré à l'étude physique des propriétés vectorielles discontinues, faces planes, figures de corrosion et clivages.

On y trouvera une remarquable discussion des faits observés dans la formation de cristaux à faces planes. Il y est montré que la tension superficielle, la tension de vapeur, la fusibilité subissent des variations discontinues, et d'ailleurs faibles, avec la direction de la surface limitant le cristal. « En toute rigueur, les mots de solution saturée, vapeur saturée, point de fusion, lorsqu'une des phases en présence est cristalline, n'ont un sens précis que si l'on spécifie quelle est la forme extérieure des cristaux que déposent la solution, la vapeur, ou le corps fondu. » (p. 128).

Le chapitre III est consacré à l'étude des propriétés vectorielles continues. Bien que réduit, par la volonté expresse de l'auteur, au strict nécessaire, ce chapitre forme une étude assez complète et pratique. Il débute par trois pages de généralités qui seraient à citer tout entières. Dans tout le chapitre s'affirme le souci de précision et de rigueur logique qui forme en quelque sorte la caractéristique de M. G. Friedel.

La seconde partie de l'ouvrage fait, pour l'œuvre de Mallard, ce que nous avons vu que la première fait pour l'œuvre de Bravais. Elle la complète et la précise. On sait que Mallard considérait comme des aspects divers d'un seul et même phénomène, la production de mâcles, les syncristallisations isomorphes et les transformations polymorphiques.

Cherchant à formuler ce que l'on sait de général, dans un domaine où l'on peut si aisément se perdre dans l'extrême complexité des détails, M. Friedel énonce la loi suivante : « Dans tout édifice cristallin régulier, cristal homogène ou mâcle, il existe un réseau (c'est-à-dire une période), qui appartient soit rigoureusement, soit moyennant une certaine tolérance, à l'édifice tout entier. Ce réseau est un multiple simple du réseau cristallin défini par Bravais.

Les mâcles, les glissements, les déformations mécaniques, les ploiements en genou et les groupements de cristaux sont traités sobrement, mais de façon instructive, dans le chapitre IV.

L'étude des déformations mécaniques des cristaux amène M. Friedel à parler des cristaux mous et des liquides biréfringents, auxquels on a improprement donné le nom de cristaux liquides : M. Friedel les désigne sous le nom de « liquides de Lehmann ». La biréfringence de ces liquides, localisée dans la

pellicule superficielle, n'est nullement identique à celle des cristaux proprements dits.

Toute trace de propriétés vectorielles discontinues fait défaut dans ces substances, et un examen attentif fait voir qu'il n'existe aucune raison valable de les rapprocher des cristaux. Cela, dit M. Friedel, « n'ôte rien à l'intérêt de leur étude, bien au contraire. Mais cette étude ne touche pas à la cristallographie ».

Les chapitres V et VI sont consacrés à l'isomorphisme, au polymorphisme et au paramorphisme.

L'ouvrage se termine par un appendice contenant un résumé des théories de Schoenflies, dont M. Friedel cherche à définir exactement la valeur et l'extension. L'esprit hautement philosophique et le grand souci d'impartialité scientifique qui s'y affirment rendent précieux ce clair et bref exposé d'une théorie dont la lecture dans les documents originaux est difficilement accessible, même aux lecteurs auxquels la langue allemande est assez familière.

En résumé, les Leçons de cristallographie de M. G. Friedel constituent un excellent ouvrage : à coup sûr, les étudiants à qui il est destiné spécialement, y puiseront les éléments d'une formation solide, autant que rationnellement conduite. Beaucoup de cristallographes y trouveront une véritable philosophie de leur science, et bien des philosophes y pourraient prendre un sûr point d'appui dans leurs spéculations sur la constitution de la matière.

Nous nous ferions reproche de ne pas ajouter qu'ordonné de façon rationnelle et composé avec grand soin, ce livre est écrit avec une clarté et une élégance d'expression véritablement françaises ; jointes à la grande valeur scientifique de l'ouvrage, ces qualités font de sa lecture un plaisir véritable, trop rare aujourd'hui pour qu'on le passe sous silence.

F. K.

XII

J. Hinchley Hart. — Cacao. A manual on the cultivation and curing of Cacao in-8°, 308 pp., 62 fig. partiellement hors texte. London, Duckworth et C°, 1911.

Le cacao a pour la Belgique une importance croissante depuis que la culture du cacaoyer a pu être faite avec bénéfice au Congo,

en particulier au Mayombe (1) ; c'est donc le moment d'attirer l'attention des lecteurs sur un ouvrage récent, véritable manuel de la culture des cacaoyers et de la préparation du cacao.

Son auteur J. Hinchley Hart, qui fut durant de nombreuses années, directeur du Jardin Botanique de Trinidad, avait acquis dans la culture du cacaoyer une compétence universellement reconnue.

Rarement nous avons trouvé, sur un produit tropical, un manuel plus clair ; cette œuvre dont l'auteur a pu corriger les épreuves pendant la longue maladie qui l'a emporté, restera un modèle.

Nous ne pouvons entrer dans le détail de la question, cela nous mènerait fort loin nous signalerons comme hors de pair, certains chapitres de ce livre et d'abord le chapitre de la botanique du cacaoyer dans lequel l'auteur fait ressortir quelles sont les variétés dont la culture doit s'emparer et même les espèces, car il insiste spécialement sur la valeur que pourra acquérir le *Theobroma pentagonum* grâce au grand développement de ses graines.

Un autre chapitre a aussi de l'intérêt pour ceux qui désirent entamer cette culture, c'est celui dans lequel il est parlé du choix de terrains. Dans ces dernières années il a été trop souvent question de mettre en vedette l'analyse chimique du sol qui très souvent ne nous donne que des indications peu précises. Ce qu'il faut, c'est comme l'a dit Johnston dans ses « Elements of Agricultural Chemistry » expérimenter la valeur du sol par la plante elle-même, en d'autres termes, faire comme nous l'avons déjà souvent dit, établir des expériences préliminaires, avant de se lancer dans la culture en grand.

Une autre série de données doivent également attirer particulièrement l'attention, ce sont celles qui se rapportent à la sélection nécessaire pour une bonne culture.

C'est pourquoi l'auteur conseille en premier lieu la multiplication par voie asexuelle, par greffage ; les arbres devant fournir les greffes ayant été sélectionnés. C'est là d'après l'Auteur la véritable méthode scientifique qui donnera les meilleurs résultats en quantité et en qualité.

Bien que se rapportant principalement à la culture du cacaoyer à Trinidad, il y a pour le planteur consciencieux d'autres colo-

(1) Voyez : Baron Ch. de T' Serclaes de Wommersom. *A travers les plantations du Mayombe et de San Thomé*, Louvain, 1911.

nies, beaucoup à apprendre dans le livre de J. Hinchley Hart, car il est indiscutable qu'il nous faut abandonner cette idée, souvent émise, qu'il suffit de connaître ce qui se passe dans sa propre colonie pour obtenir des résultats économiques dans des entreprises culturales.

On ne peut jamais s'entourer d'assez de documents, et c'est vraiment une bonne fortune quand ils sont apportés par un homme qui a pu les passer au crible d'une longue expérience, conduite avec un esprit hautement scientifique et méthodique.

É. D. W.

XIII

La Forêt, *Son rôle, dans la nature et les sociétés*. Préface de M. Marcel Prévost, de l'Académie française, par A. Jacquot, inspecteur des Eaux et Forêts. — Un vol. in-8° de xx-320 pages, 1911. — Paris et Nancy, Berger-Levrault.

L'Année forestière (1910). *Actualités de la science des forêts*, par Lucien Chancerel, docteur en droit, docteur en médecine, docteur ès sciences, inspecteur des Eaux et Forêts, attaché au ministère des Travaux publics et des Beaux-Arts. — Un vol. in-12 de IX-323 pages, 1911. — Paris et Nancy, Berger-Levrault.

Les Haulte et Basse Forests de Chinon, *des origines au XVIe siècle*. Étude de législation et d'histoire forestière. — Plan des forêts de Chinon au xviie siècle, par Eugène Pépin. — Un vol. gr. in-8° de XXV-233 pages, 1911. — Paris, Lucien Laveur.

I. Rôle économique, — Rôle physique et chimique, — Rôle social, — telle est la trilogie dans laquelle s'encadrent quatorze des quinze conférences dont se compose le volume que, sous ce titre principal très laconique : La Forêt, publie M. l'inspecteur des eaux et forêts Jacquot. Encore l'espèce d'annexe formée de la quinzième conférence n'est-elle autre chose qu'un résumé des quatorze précédentes, reproduisant à traits plus rapides, bien que dans un ordre différent, leurs lignes essentielles.

Économiquement parlant, le bois, cette matière première d'innombrables industries, est d'une nécessité croissante. Si les sociétés primitives vivaient de la forêt et au sein de la forêt qui donnait satisfaction à leurs rares et élémentaires besoins, la situation est aujourd'hui retournée. Les surfaces boisées tendent de plus en plus à se restreindre, au moins dans l'hémisphère

boréal, alors que les besoins en bois et la consommation du bois ou de substances dérivées du bois vont toujours croissant. Notre auteur évalue la publication *quotidienne* des journaux et des livres à 70 000 journaux et 200 volumes dans le monde entier : quelle énorme nombre d'arbres est nécessaire à produire la pulpe de fabrication de tout ce papier ! Rien que pour la France, le rendement annuel de 500 000 hectares de futaies y suffiraient à peine.

Les mines, principalement les houillères, absorberaient chaque année, pour soutenir leurs galeries, 24 millions de mètres cubes en étais, supports et traverses, ce qui correspond à neuf fois et demie le volume de la grande Pyramide.

Par ailleurs, à quels usages le bois n'est-il pas employé ? De la poupée de Nuremberg aux puissants paquebots qui sillonnent les mers du monde entier ; de la cabane du pauvre « où le chaume le couvre », aux palais des princes et aux luxueux hôtels des financiers, du modeste mobilier en bois blanc de l'artisan aux merveilles de l'ébénisterie artistique, etc., etc !

Finalement le déficit annuel de la consommation serait de 2 620 000 tonnes par an ; ce qui veut dire que la consommation mondiale dépasserait de cette quantité la production.

De là, nécessité de planter des forêts nouvelles, comme d'accroître par des procédés culturaux appropriés, la production des forêts existantes.

Voilà pour le côté économique.

Dans l'ordre physique, le rôle de la forêt n'est pas moins important. Elle entretient dans l'atmosphère une humidité bienfaisante et oppose un obstacle efficace à la sécheresse. Nombre de contrées, que ce dernier fléau a rendues plus ou moins désertiques, étaient prospères avant d'être déboisées. Telles, entre autres, diverses régions de l'Asie antérieure, Palestine, Syrie, Bactriane, et maintes contrées moins étendues dans l'Europe méridionale.

Tout en entretenant l'humidité nécessaire à la végétation, la forêt oppose un obstacle aux violentes chutes d'eau atmosphérique, retenant dans son feuillage, dans ses rameaux, dans le sol qu'elle protège, une proportion importante de l'eau qu'elle a reçue et ne l'évaporant que graduellement ; substituant l'infiltration lente au ruissellement rapide, et régularisant par là le régime des cours d'eau, ou, plus exactement, le régime des eaux en général.

Elle est, dans un certaine mesure, un préservatif contre la grêle ; sur dix-huit départements, en France, les plus éprouvés par ce fléau, se trouvent les quatorze départements où le taux de boisement est le plus faible.

Les forêts sur leurs lisières et les arbres isolés dans les plaines, exercent une protection efficace contre les gelées blanches, notamment contre celles si funestes du printemps.

Qu'une forêt, parfois une simple rangée d'arbres, soit un abri et fasse écran contre le vent, c'est sur quoi tout le monde est d'accord. Mais qu'il y ait la même unanimité sur l'importance des massifs forestiers quant à la conservation des sources, c'est ce dont ne saurait nous persuader M. Jacquot. Non pas que nous veuillions contester cette influence ; mais la vérité est que si la grande majorité des avis lui est favorable, il n'y a pas unanimité sur ce point. M. Huffel, dans sa magistrale *Économie forestière* dont nous avons plusieurs fois déjà entretenu nos lecteurs, fait remarquer que les observations effectuées jusqu'ici touchant l'influence de la conservation des sources ne sont pas encore entièrement concluantes et laissent la question indécise, bien que, ajouterons-nous, la plus grande probabilité soit en faveur de cette opinion.

De même — et c'est ici plus qu'une probabilité — quant à l'efficacité des forêts, au moins sur les pentes et en montagne, contre les inondations. Ce n'est pas évidemment que cette efficacité soit absolue, personne n'a jamais émis sérieusement une pareille prétention ; mais pour être seulement relative, cette efficacité n'en est pas moins atténuante et dans une proportion très appréciable : il n'y a, pour le contester, que les amateurs du paradoxe.

N'insistons pas sur les lois de la torrentialité et tout ce qui s'y rattache, ce sujet ayant été amplement développé ici même ; remarquons seulement un point de vue ingénieux de l'auteur : il observe fort judicieusement que la forêt constitue un agent à la fois de protection et de défense *pour* et *contre* l'eau, *pour* l'eau bienfaisante et nécessaire dans un si grand nombre de circonstances de la vie ; *contre* l'eau dévastatrice des torrents, contre les crues violentes des fleuves et l'obstruction de ceux-ci par les matériaux arrachés aux versants des montagnes, puis charriés jusqu'aux ports maritimes.

Les considérations relatives aux climats, à l'hygiène à l'assainissement sous l'influence de la forêt se rattachent assurément à l'*ordre physique :* cependant certaines questions sous cette

rubrique, telles que l'hostilité du montagnard pour le reboisement, sa jouissance abusive et partant destructive de ses pâturages, l'influence du déboisement sur la dépopulation, comme celle inverse du reboisement, la cherté croissante des bois d'œuvre, l'injustice de la surimposition infligée à la propriété boisée, les utilités indirectes de la forêt, etc., tout cela rentrerait mieux, ce semble, dans le rôle économique ou social que dans l'ordre physique et chimique.

Dans l'ordre social, l'auteur s'élève avec raison contre l'*abus* de la propriété, mais il a tort, selon nous, d'attribuer cet abus à un droit (1). Ce n'est que par une erreur d'interprétation que l'on traduit la fameuse définition du droit romain : *Jus utendi et abutendi* par « droit d'user et d'abuser ». Le verbe latin *abuti* a une signification plus étendue et plus large que son synonyme français. Tandis que ce dernier ne s'applique qu'à l'abus véritable, son correspondant latin a pour première acception : « user pleinement, intégralement ». Ce n'est qu'en seconde ligne qu'il est pris dans le sens français. Cicéron a bien pu, dans son fameux réquisitoire contre Catilina, s'écrier : « Quousque tandem *abutere*, Catilina, patientia nostra ? », mais ailleurs il emploie le même mot en des sens fort différents : « Sagacitate canum *abutimur* », pour dire : nous *profitons* de l'instinct des chiens ; ou bien : « Libertate *abusus* est », non point, comme il nous semblerait au premier abord, dans le sens d'avoir *abusé* de la liberté, mais au contraire, dans cet autre sens fort différent : « *User pleinement* de la liberté ».

N'incriminons donc pas, sur ce point, le vieux droit romain dont la définition de la propriété sainement comprise est simplement celle de jouir intégralement.

Quand il s'agit de la propriété en nature de bois et de forêt, tant qu'un motif d'intérêt public grave et évident ne peut être invoqué, je suis, moi propriétaire (individuel ou collectif (2) peu, importe) de ce bois, de cette forêt, libre de l'exploiter à mon gré. Qu'il me soit interdit, par exemple, de la défricher pour la mettre en culture, cette grave atteinte à mon droit peut être justifiée, s'il est clairement établi que l'existence de ma forêt est nécessaire au maintien du sol sur un versant, ou à la protection

(1) Pp. 262 et 266.

(2) Les communes et établissements publics exceptés qui, étant mineurs, sont de droit soumis à la tutelle de l'État.

d'un groupe d'habitations situées à son pied, ou à la défense nationale, étant voisine de la frontière, etc. ; mais il faut pour cela que la cause de l'intérêt général, et une cause très grave, soit péremptoirement établie et précisée, vu la gravité de l'atteinte infligée au droit de propriété.

Ce principe posé, arrivons à la « nationalisation » des forêts réclamée par notre auteur et « plus indispensable, plus urgente, dit-il, que celle des mines qui a cependant été proposée à la Chambre des Députés, le 2 avril 1909 ».

Sans soulever ici une discussion sur le principe déjà fort discutable de la nationalisation des mines, hâtons-nous de dire que la proposition de M. Jacquot ne va point aussi loin que le terme employé par lui ne le ferait craindre : il n'a nullement en vue la main-mise de l'État sur toute propriété boisée, ce qui serait du socialisme étatiste dont il se défend avec raison. Il borne son ambition à ce que l'État se rende acquéreur non seulement de tous les massifs forestiers qui seraient à vendre, mais surtout de tous les terrains, soit inaptes à produire autre chose que des bois ou des pâturages, soit dégénérés, arides, ruinés ou instables, soit enfin à l'état de rochers, berges et lits de torrents, couloirs d'avalanches. Il s'appuie sur cette considération qu'il s'agit là de propriétés plus utiles au reste du pays qu'à leurs possesseurs.

S'il s'agissait seulement d'acquisitions amiables et librement consenties par les possesseurs de ces terrains, il n'y aurait rien à objecter ; mais le mot de « nationalisation » implique expropriation, ce qui, au point de vue du droit, complique fort la question. Les motifs qu'il invoque, il les résume dans ce court aphorisme : « Puisque les massifs forestiers rendent des services nationaux, leur nationalisation s'impose ».

Maxime singulièrement dangereuse et qui, logiquement, aboutirait inéluctablement à l'étatisme, cette forme ordonnée de l'anarchie socialiste. Il n'y a pas certes que les mines et les forêts qui rendent des services nationaux, la plupart des grandes industries sont dans le même cas, les grandes banques, les sociétés de crédit pareillement.

N'insistons pas.

La Forêt de M. Jacquot, ouvrage d'ailleurs bourré de chiffres et de faits, admirablement documenté, est un plaidoyer ardent, chaleureux, passionné en faveur des forêts, des reboisements, d'une sage réglementation des pâturages, de l'embellissement de nos sites ruraux par la végétation arborescente, et enfin de tous les bienfaits économiques, physiques, esthétiques, moraux,

attribués aux forêts et à la reforestation jusqu'au taux de 33 p. c. de la surface du pays.

Comme lui nous sommes partisan de tout cela et nous en avons défendu plus d'une fois la cause contre ses détracteurs. Mais peut-être le zèle et l'ardeur de notre distingué collègue l'entraînent-ils un peu loin. Si l'on peut avec justesse dire comme lui : *Sylvæ, subsidium belli, ornamentum pacis*, n'est-il pas également exact qu'en cette matière, ainsi qu'en toute chose, la vérité, comme la vertu, évite les extrêmes : *In medio stat virtus?*

N'oublions pas, pour rendre pleinement justice à l'auteur, que son livre a été couronné par la Société nationale d'agriculture, cette Académie française de l'agronomie, honoré des suffrages du Touring-Club de France et de la Société nationale des conférences populaires, agréé par le Ministre des Travaux publics et des Beaux-Arts, et enfin présenté au public par M. Marcel Prévost, de l'Académie française, qui, dans une éloquente préface, a hautement approuvé la thèse soutenue par M. Jacquot.

II. Bien que traitant d'un sujet sinon identique du moins très analogue, *L'Année forestière (1910)* de M. Lucien Chancerel ne fait nullement double emploi avec *La Forêt* de son collègue ; elle en diffère même sensiblement. L'une est une thèse brillamment soutenue, l'autre revêt plutôt la forme d'un manuel pratique ; la clarté de l'exposition est peut-être plus éloquente dans la première, elle est plutôt didactique dans la seconde. En un mot, ces deux ouvrages ont chacun leur mérite propre. L'auteur du second étant, en même temps que forestier, docteur médecin et docteur ès sciences, possède une compétence toute spéciale en botanique, en physiologie comme en hygiène, tandis qu'un troisième doctorat, celui du droit, lui donne une égale maîtrise dans les questions juridiques.

Jetons un coup d'œil rapide sur les matières envisagées par l'auteur.

Il s'occupe d'abord, à un point de vue d'ensemble, de l'action des forêts sur le régime des eaux, donnant en quelques pages concises les considérations que M. Jacquot traite avec plus de développements et de détail dans ses troisième et quatrième Conférences.

A propos de l'hygiène, le docteur Chancerel, après avoir indiqué comment elle est favorisée d'une manière générale par les peuplements forestiers, émet une théorie fort curieuse sur l'efficacité de l'air des forêts contre la malaria et la tuberculose.

C'est là, croyons-nous, une vue nouvelle et qui mérite de fixer l'attention.

Passons sur les inondations et la lutte contre les torrents, questions dont nos lecteurs ont été déjà plus d'une fois entretenus ; mais signalons un chapitre tout à fait spécial, sur le Plateau central et le régime de la Loire considérée comme torrent, ainsi que les modes vicieux d'exploitation des pins dans cette région.

L'influence, sur le régime des eaux, de la révolution en 21 000 ans de la ligne des apsides (c'est plutôt à la révolution en 25 870 ans environ de la ligne des équinoxes, que l'auteur a voulu faire allusion) d'une part, et d'autre part celle du cycle undécennal de l'intensité de l'activité solaire, sont choses discutables. Mais l'emploi des engrais chimiques en sylviculture est un sujet relativement nouveau et sur lequel on consultera avec fruit le chapitre qui lui est consacré.

Les « Questions de reboisement » sont traitées au point de vue exclusivement cultural, et suivies de l'emploi des essences exotiques. Les nombreuses et très diverses mesures à prendre en vue de la conservation des forêts et la lutte contre les végétations mycétiques, cause de destruction de bien des massifs, sont suivies de l'exposé des richesses forestières étrangères à l'Europe ainsi que de celles des colonies françaises.

Après un aperçu des bois d'importation européens ou exotiques et de la chasse dans les forêts domaniales, le volume, ou plutôt l'Annuaire, car c'en est un, se termine par une réfutation de l'article paradoxal paru le 1er juillet 1910 dans la Revue des Deux Mondes et que nous avons nous-même réfuté dans ce recueil en janvier 1911 (1), et auparavant dans le Correspondant (2).

A quand *L'Année forestière 1911* ?

III. Avec *Les Haulte et Basse Forêts de Chinon,* nous n'avons plus affaire à une œuvre d'exposition et de polémique, mais à une œuvre d'érudition, à une monographie historique de ce que furent jadis les deux forêts devenues aujourd'hui la forêt domaniale de Chinon. Différent fut le sort de ces deux propriétés :

(1) *Les monts, les bois et les eaux,* Tome XIX, 3e série, de la Revue des Questions scientifiques.

(2) *Tout est-il pour le mieux, en forêt comme en montagne ?* dans Le Correspondant, 25 novembre 1910.

l'une, la Forêt Basse, fut, durant tout le cours du Moyen Age et de l'Ancien Régime, constamment forêt royale. L'autre, la plus importante, la Forêt Haute (primitivement Forêt du Tillet), fut, de 1190 à 1584, indivise entre l'archevêque de Tours d'une part et successivement d'autre part le roi d'Angleterre comme comte d'Anjou, le roi de France lorsque Philippe Auguste eut réuni la Touraine à la Couronne, le duc d'Anjou et de Touraine de 1370 à 1384, et de là jusqu'en 1584 à divers princes apanagistes. A partir de cette dernière date la part d'indivision ou de *pariage* du roi de France ne fut plus séparée de la Couronne. C'est seulement à partir de la Révolution que l'ensemble des Haute et Basse forêts devint propriété purement domaniale.

Après l'exposé historique et juridique de la condition plus ou moins variable, sous le droit féodal, des deux massifs forestiers dont se compose la forêt et des différents droits d'usage, de chasse, de garde et de justice, de disposition du fonds et des produits, etc., qui y étaient exercés, l'auteur passe à un autre tableau ; c'est celui de l'administration de cette forêt dans ses divers modes successifs, durant les XIIIe, XIVe, XVe et XVIe siècles ; tableau d'autant plus intéressant que, tout en concernant une seule forêt, il reflète en quelque sorte l'évolution administrative générale qu'a parcourue la gestion, en France, des forêts seigneuriales et royales, de la fin du XIIe siècle jusqu'à la Renaissance. Les juridictions ordinaires et extraordinaires qui s'y sont succédé, les modes d'exploitation, les compétitions relatives au droit de chasse, les innombrables usages et les non moins nombreuses catégories d'usagers qui les exerçaient, sont décrits avec l'appui de tous les documents probants.

Trois annexes donnent, la première, la liste nominative de tous les officiers forestiers qui se sont succédé à Chinon, depuis les *Forestarii* du XIIIe siècle jusqu'aux *Lieutenants des E. et F.* des XVe et XVIe ; la seconde, une bibliographie très étendue d'histoire et de législation forestières générales ; la troisième, la bibliographie spéciale aux « forêts de Chinon ».

Un plan de la forêt de Chinon, telle qu'elle existait au XVIIe siècle et telle à peu près qu'elle existe encore aujourd'hui, est annexé au volume.

On ne saurait trop encourager les travaux du genre de celui auquel s'est livré M. Eugène Pépin : ils sont, pour l'histoire forestière, ce que sont, pour l'Histoire générale, les monographies de communes, d'abbayes, de circonscriptions locales diverses, établies d'après les sources originales, cartulaires, chartriers, recueils d'ordonnances, etc.

Dans sa séance solennelle annuelle du 17 janvier dernier, présidée par le ministre, la Société nationale d'Agriculture a décerné à M. Pépin, en récompense de ce travail, une médaille d'or.

C. DE KIRWAN.

XIV

Dom MAYEUL LAMEY, prieur majeur des Bénédictins de Cluny (1842-1903). ŒUVRES CHOISIES, avec une introduction biographique par EDOUARD GOUTAY. Lettre-Préface de S. G. Mgr Boutry, évêques du Puy. — Paris, Bloud et Cie, 1911. Un vol. in-12 de LXIII-307 pages.

Charles Arthur Lamey est né à Strasbourg, le 17 mars 1842. Par la souche paternelle, il se rattachait à une ancienne famille d'Alsace qui compta toujours des hommes distingués. Dès sa jeunesse, il aima la philosophie et les sciences de la nature, encouragé qu'il était dans cette direction par le P. Gratry, sous l'influence de qui il se trouva pendant quelque temps. A vingt ans, il bâtit, de ses deniers, un couvent de Carmélites à Dijon. En 1866, il entra au séminaire d'Issy et fut ordonné prêtre, en 1870, après avoir passé quelque temps au Collège Romain. De 1870 à 1877, il fut aumônier des Carmélites de Dijon ; en 1877, il entra dans l'ordre des Bénédictins, et, en 1878, il fonda, avec l'autorisation de ses supérieurs, un monastère de cet ordre à Grignon, en vue d'y faire étudier par les religieux les sciences de la nature ; puis un autre à Cluny, en 1888, et un troisième à Souvigny, en 1894, toujours dans le même but, encouragé qu'il était par Antoine d'Abbadie et d'autres membres de l'Académie des Sciences de Paris et aussi par S. S. Léon XIII. En 1901, il fut forcé par la persécution d'émigrer avec ses moines de Souvigny à Aoste, où il mourut paisiblement le 15 juin 1903.

Dom Lamey a fait partie de la *Société scientifique de Bruxelles* de 1880 à 1891, et a publié dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877, t. II, pp. 85 sqq.), un article intitulé : *Leibniz et l'étude des sciences dans un monastère*, qui est reproduit dans le volume que nous annonçons. Mais il a fait paraître en France trois recueils : PROSLOGIUM (Bulletin pour l'avancement des sciences et de la philosophie de la nature), MONOLOGIUM (Bulletin d'histoire, de philosophie et de théologie), les ÉCHOS DE CLUNY, où il défend les mêmes idées que dans l'article cité plus haut.

Comme le remarque son biographe, il y a quelque naïveté dans le style de Dom Lamey, — ce qui provient sans doute de l'influence de la langue allemande — et aussi dans ses idées sur l'étude des sciences dans les monastères ; mais on ne doit pas oublier sur ce dernier point que, pour Dom Lamey, le temps ne compte pas, tant son enthousiasme est profond et basé sur les espérances immortelles que lui dicte sa foi ; il croit fermement que son idéal se réalisera tôt ou tard : Mendel, d'ailleurs, n'était-il pas un moine bénédictin ?

Le volume des *Œuvres choisies* contient des considérations religieuses (pp. 17-92), où il établit avec beaucoup de bon sens que la piété doit être basée sur la connaissance approfondie de la religion et être agissante ; des fragments sur l'histoire de Cluny (pp. 217-276) ; des vues sur l'*hérédité et l'éducation* (pp. 279-303), très sages et très prudentes dans leur principe, sinon dans tous leurs détails.

Mais la majeure partie du volume est consacrée à la thèse fondamentale de Dom Lamey : il faut étudier les sciences de la nature, en vue de la philosophie, de l'apologétique défensive et offensive, et de la théologie ; si c'est possible, il faut les étudier dans des monastères *ad hoc*. Il démontre sa thèse — qui, sur les points essentiels, est celle de la *Société scientifique de Bruxelles* — non seulement en reproduisant son ancien article sur Leibniz, mais au moyen de nombreuses citations de la Bible et de S. Thomas, surtout de la *Somme contre les Gentils* (pp. 1-16 ; 93-196 ; 197-216). Les textes de S. Thomas sont vraiment irréfutables et méritent d'être plus connus qu'ils ne le sont.

Les *Œuvres choisies* de Dom Lamey constituent un bon livre que nous recommandons volontiers à tous les lecteurs de la Revue qui s'intéressent à l'apologétique scientifique (1).

Paul Mansion.

(1) On y trouve, pp. 185-186, la remarque suivante : « Copernic fut, comme *prêtre* et comme savant, la plus vivante expression de l'alliance qu'il est si important d'accentuer entre la vraie science et la religion catholique ». Les recherches les plus minutieuses de l'érudition ne permettent pas de dire que Copernic fut prêtre. Il était chanoine d'Ermeland sans avoir reçu les ordres majeurs. Comme couronnement de ses études universitaires en Italie, il avait conquis le grade de docteur en droit canon, il y avait aussi étudié la médecine qu'il pratiqua comme s'il avait aussi le titre de docteur. Mais il fut surtout astronome de vocation ; avec Ticho-Brahé il est le dernier représentant de la théorie si belle et si profonde des anciens Grecs, celle des épicycles.

XV

Albert Maire, bibliothécaire à la Sorbonne. L'œuvre scientifique de Pascal. Bibliographie critique et analyse de tous les travaux qui s'y rapportent. Préface de Pierre Duhem, professeur à l'Université de Bordeaux, correspondant de l'Institut. — Un volume in-8° de xxviii-184 pages. Avec un portrait de Pascal. Paris, A. Hermann, 1912.

Le travail de l'historien a pour point de départ et pour base les recherches bibliographiques : labeur souvent immense, toujours ingrat et fastidieux jusqu'à la lassitude qui arrête les recherches à mi-chemin, ou jusqu'à l'anxiété qui les poursuit à tâtons si l'on est dans le cas de devoir les entreprendre sans fil conducteur.

C'est ce qui arrive très souvent dans l'histoire des sciences où les bibliographies à peu près complètes et vraiment utiles, relatives à une découverte, à l'œuvre d'un savant, à une période déterminée sont extrêmement rares. Il n'en est aucune, croyons-nous, qui puisse être mise en parallèle avec l'œuvre magistrale entreprise par M. Albert Maire à propos de Pascal.

Le premier volume, le seul qui ait paru jusqu'ici, est consacré aux travaux scientifiques de Pascal : à la création et à la construction de sa machine arithmétique, à ses recherches de géométrie et de mathématiques, à ses expériences de physique, aux origines, au développement et aux applications de ses inventions et de ses idées, aux critiques et aux polémiques qu'elles ont soulevées, etc. C'est une mine d'une richesse inestimable qu'exploiteront non seulement ceux qui étudient l'œuvre scientifique de Pascal, mais tous ceux qui s'intéressent à l'histoire des sciences au xviie siècle.

« Si l'invention scientifique, écrit M. Duhem dans la belle préface qui ouvre ce volume, n'est point le jaillissement spontané issu d'un génie isolé et autonome, si elle est œuvre collective et, pour ainsi dire, sociale, nous aurons à explorer un domaine singulièrement étendu, toutes les fois que nous voudrons retracer l'histoire d'une découverte. Il ne nous suffira pas, tant s'en faut, de méditer les écrits de celui auquel la voix commune attribue cette découverte. Il nous faudra rechercher, lire, comparer les livres de tous ceux qui, plus ou moins directement, ont été les auxiliaires de cet homme ; des précurseurs, qui ont préparé l'idée nouvelle ; des collaborateurs, qui ont

secondé l'inventeur ; des contradicteurs, qui l'ont contraint de préciser, d'éclaircir, d'affermir sa pensée ; des successeurs, qui ont mis en évidence la fécondité latente de cette pensée. Il nous faudra passer en revue ceux dont notre auteur a parlé, ceux avec qui il a parlé, ceux qui ont parlé de lui. La lecture intelligente d'un petit livre comme le *Traité de l'équilibre des liqueurs* ou le *Traité de la pesanteur de la masse de l'air*, nous obligera à remuer des bibliothèques.

» Alors nous souhaiterons ardemment qu'un guide sûr nous dirige en ce labeur ; qu'il marque pour nous la page où, concise et obscure, se lit une phrase grosse d'une découverte ; qu'il nous dise le volume où se trouve, à l'encontre de cette découverte, une objection jadis redoutable et maintenant brisée ; qu'il nous nomme les bibliothèques où se conservent des pièces essentielles et devenues infiniment rares. Mais ce guide, c'est bien souvent en vain que nous le réclamons ; pour jouer un tel rôle, il faut posséder, à la fois, une compétence très étendue et une abnégation très laborieuse qui, bien rarement, se trouveront réunies.

» Ceux qui désireront, à l'avenir, suivre les démarches par lesquelles le génie de Pascal est parvenu à ses inventions scientifiques, ceux qui voudront retracer les péripéties par lesquelles ces découvertes ont passé jusqu'au jour où elles furent communément reçues, ceux-là ne connaîtront plus semblable anxiété. Grâce à M. Maire, ils sauront très exactement quels livres il leur faut lire, ils sauront où ces livres se peuvent trouver. Un homme qui, souvent et longtemps, a dû errer sans guide, au travers des solitudes inexplorées de l'Histoire des Sciences, a voulu leur rappeler quelle dette de reconnaissance ils avaient contractée envers l'auteur de cette bibliographie de Pascal. »

Dans une introduction très intéressante, M. A. Maire retrace à grands traits l'œuvre scientifique de Pascal, avant d'exposer le plan de son livre, la signification de la disposition typographique qu'il a adoptée, la méthode de groupement et de classement des articles qu'il a suivie, etc. Parmi les tables qui accompagnent le volume, signalons celle des personnes citées qui ne comprend pas moins de six cents noms.

Entre tant de références, il en est, mais en bien petit nombre, que l'on jugera peut-être superflues : ce sont celles de traités classiques de physique, actuellement en usage. La plupart de ces ouvrages — nul ne l'ignore — rappellent le nom de Pascal, et se bornent le plus souvent à répéter, sans grand souci d'exactitude, quelques banalités sur sa vie et ses travaux. Faudra-

t-il, pour être complet, les citer tous ? A quoi bon ? M. Maire en signale quelques-uns, pris surtout parmi les Traités français. Ont-ils tous fait œuvre de critique et d'historien et se distinguent-ils de la foule par quelques renseignements de valeur ou quelques aperçus originaux ?

Çà et là, on rencontre une référence qui ne fournit qu'un détail très spécial, une indication de portée très restreinte. M. Maire nous en avertit parfois. Ainsi, à propos d'un article de M. Hadamard intitulé *Sur le limaçon de Pascal*, il ajoute : cet article « n'est cité qu'à cause du nom de Pascal, accolé au mot limaçon. Il n'est pas question du travail de Pascal ». On aimerait qu'il le fît toujours dans les cas analogues où pareille indication peut éviter une perte de temps et n'expose à aucun mécompte. Mais il est loin de notre pensée de réclamer des notes critiques détaillées sur le contenu, l'originalité, la valeur de chacun des articles cités. On ne peut demander raisonnablement à une bibliographie qu'elle signale à quiconque la consultera, quel que soit le but spécial qu'il poursuit et le point de vue particulier auquel il se place, les lectures qu'il doit faire et celles dont il peut se dispenser. Devant être utile à tous et en toutes circonstances, elle doit être complète, autant que possible, et rester absolument objective. Toute analyse critique qui introduirait un élément subjectif dans les renseignements qui nous sont fournis, exposerait celui qui croirait pouvoir s'y fier à de fâcheux mécomptes. Le but d'une bonne bibliographie est de nous renseigner sur toutes les sources qu'il peut être bon de consulter, dût-elle nous exposer à quelques lectures sans utilité positive immédiate pour le but spécial que nous poursuivons. Mieux vaut cela que de courir le risque de laisser se perdre un fait, une date qui ont pu paraître de minime importance à l'auteur de la Bibliographie, un rapprochement, un aperçu qu'il n'a pas cru devoir signaler, ne pouvant tout dire, et qui, dans l'occurrence, eussent fourni de très précieux jalons ; sans compter que cette lecture, prétendûment inutile, nous fournira au moins ce renseignement négatif, qui peut n'être pas sans valeur : tel auteur, à telle date, dans tel écrit n'a rien dit qui touche à mon sujet.

Tous les historiens accueilleront avec la plus vive reconnaissance la Bibliographie scientifique de Pascal que leur offre M. A. Maire ; elle sera entre leurs mains un instrument de travail infiniment précieux, et tous attendront avec impatience les volumes suivants.

J. T.

XVI

L'Océan aérien par l'abbé Th. Moreux, Directeur de l'Observatoire de Bourges. Petit in-4° de 127 pages. — Illustrations d'après des photographies et documents originaux. — Paris Arthène Fayard.

Les merveilles des mondes, par le même ; même format, même nombre de pages, illustrations originales, même éditeur.

On sait que M. l'abbé Moreux, le savant fondateur et directeur de l'Observatoire actuel de Bourges, est, en même temps qu'un savant de profession, un merveilleux et non moins fécond vulgarisateur.

Les deux plaquettes, dont les titres précèdent, font partie d'une série dont le premier tome, sous ce titre : *Quelques heures dans le Ciel* (Éditeur. Arthène Fayard), a été analysé ici-même en juillet 1911. Cette série d'écrits diffère sensiblement, bien que portant sur des sujets analogues, de celle qu'édite la « Maison de la Bonne Presse » (5, rue Bayard, à Paris), et dont il a été également rendu compte en janvier 1910, janvier et octobre 1911 (1).

I. Dans *L'Océan aérien,* l'auteur nous donne un véritable traité de physique de l'atmosphère, science à laquelle concourent beaucoup d'autres sciences : hydrostatique, thermodynamique, optique, électricité, chimie, astronomie, etc. La composition de l'air respirable, déterminée par Lavoisier et complétée de nos jours par la découverte des gaz rares et par les analyses bactériologiques, les effets des pressions barométriques avec cartes à isobares à l'appui, les sondages atmosphériques, les différences de température mesurées par le thermomètre et représentées géographiquement par cartes isothermiques, les grands courants aériens, occupent les six premiers chapitres. Le rôle, dans l'atmosphère, de l'eau sous ses différentes formes : glaces, neiges, névés, grésil, vapeurs, nuages, pluies (cartes pluviométriques), cyclones, trombes, tornades, nous amène aux tempêtes, à la foudre et aux orages. Ici apparaît le rôle de l'électricité, cette force mystérieuse, à la fois terrible et bienfaisante, destructrice et reconstituante, que l'homme parvient à dompter et assouplir.

Le délicat et épineux problème de la prévision du temps exige

(1) *D'où venons-nous ? — Qui sommes-nous ? — Où sommes-nous ?* Il reste à publier : *Où allons-nous ?* actuellement en préparation.

de patientes et très nombreuses observations, celles-ci centralisées pour la France par le *Bureau central météorologique*, que dirige avec non moins de zèle que de talent son directeur, M. Angot, comme l'expose notre auteur.

Dans ses *Conclusions,* M. Moreux nous décrit la disposition et la composition de l'ensemble de l'atmosphère terrestre, à ses différents étages, telles qu'elles résultent des plus récentes constatations à l'aide des cerfs-volants et des ballons-sondes, des observations météoriques et volcaniques : ce sont là des faits relativement nouveaux et généralement peu connus en dehors du monde scientifique.

II. Par *Quelques heures dans le Ciel,* l'auteur nous initiait principalement aux connaissances acquises touchant le Soleil et les planètes. Dans *Les merveilles des mondes*, c'est de l'univers stellaire qu'il s'occupe. Sans doute il avait déjà traité ce sujet, comme le précédent, dans *Où sommes-nous ?,* mais sur un plan différent et avec bien moins de détails. D'ailleurs les publications de la « Bonne Presse » et de l'éditeur Fayard s'adressent à des publics généralement différents.

L'étude des constellations par la méthode des alignements, les observations obtenues par les « lunettes monstres » et les « télescopes géants », forment l'entrée en matière. Les figures ajoutées au texte font ressortir d'une manière bien plus sensible à l'imagination que les chiffres, la prodigieuse supériorité des dimensions de certaines étoiles sur celles de notre Soleil : telles, par exemple, *Arcturus*, du Bouvier et *Canopus* du Navire (hémisph. austr.), auprès desquelles notre Soleil, treize cent mille fois plus gros que la Terre, serait comparable à un pois à côté d'un énorme potiron (1).

Après les volumes et les distances du très petit nombre d'étoiles qu'il a été possible de soumettre à ces mensurations, la composition spectroscopique, c'est-à-dire chimique, de ces astres, fait l'objet d'un nouveau chapitre que suit la description des systèmes stellaires doubles, triples ou même quintuples, ou de soleils brillants conjugués ou jumelés avec des soleils obscurs, suivant des révolutions pouvant aller de 194 ans (étoile double γ de la Vierge) à un millier d'années *(Castor* des Gémeaux).

(1) Canopus serait *trois millions de fois* plus volumineux que notre Soleil. Arcturus, un peu moindre, serait encore du même ordre de grandeur. Une étoile beaucoup plus petite, *Capella* du Cocher, serait encore, comparativement au Soleil de notre système, dans la proportion d'une prune reine-claude à un pois. Sirius et Procyon, sensiblement plus volumineux que le Soleil, seraient cependant de même ordre ; gros pois auprès d'un petit pois.

Le tableau des groupes et amas stellaires, ces « archipels célestes », et des nébuleuses à leurs divers degrés de développement, donne texte à notre auteur pour tracer un magnifique diorama de la naissance et de la croissance des mondes à partir de la vague nébulosité plus rare que ce qui reste dans le tube de Crookes après vide fait, jusqu'à la masse condensée qui évolue en soleils resplendissants parcourant à travers les siècles leurs orbes immenses.

Le plan de l'univers tel qu'il le conçoit avec notre Soleil au voisinage du centre, le tout comme enclos dans la gigantesque ceinture de la Voie lactée, suivi de la liste des principales étoiles doubles ou multiples, clôt dignement la suite des descriptions enchanteresses si bien désignées par ce titre : *Les merveilles des mondes.*

Les gravures, dans le texte ou hors texte, sont plus nombreuses que les pages et accompagnées chacune d'une légende explicative qui en précise le sens. Une carte des principales constellations de notre hémisphère, carte d'une lecture claire et facile, accompagne la brochure.

Ajoutons, pour finir, que sont annoncées pour paraître prochainement, deux autres plaquettes de la même collection, intitulées respectivement : *Les secrets de la mer* et *Un jour dans la Lune.*

C. DE KIRWAN.

XVII

LES MÉTHODES BUDGÉTAIRES D'UNE DÉMOCRATIE. Étude sur le Budget suisse, par le Cte LOUIS DE LICHTERVELDE, docteur en sciences politiques et sociales. *(École des Sciences politiques et sociales de l'Université de Louvain).* — VIII-186 pp. Paris, V. Giard ; Bruxelles, F. Larcier, 1912.

L'État moderne a assumé des fonctions multiples et diverses que dédaignait l'État de jadis. Il ne se contente plus d'assurer la paix à l'extérieur, l'ordre et la justice à l'intérieur. Il s'improvise entrepreneur de transports ; il dirige les Télégraphes et Téléphones ; il fabrique du gaz et de l'électricité, de l'alcool et du tabac ; il s'installe banquier de la petite épargne, assureur contre les risques sociaux, agent de placement, en même temps qu'il préside à l'enseignement public et à la bienfaisance. Or, tandis que cette activité multiforme se développe et s'accroît sans mesure, les cadres immobiles dans lesquels elle se déploie

gardent leurs proportions et leur rigidité premières. L'État industriel reste assujetti à des règles de droit public et à des formes administratives destinées à l'État gendarme. De là une crise d'adaptation. Aux périls que crée l'immensité de la tâche entreprise, s'ajoutent les embarras dus à la survivance de doctrines et de procédures peu en rapport avec leur objet nouveau. Ainsi, la multitude sans cesse accrue des employés et ouvriers de l'État a suscité l'épineux problème de la distinction à établir entre fonctionnaires et agents des services publics, et des droits, obligations, privilèges à reconnaître aux uns et aux autres. De même, on n'a pas assez pris garde que la fonction économique de l'État était d'une autre nature que ses actes de gouvernement, et ne pouvait donc pas être soumise aux mêmes méthodes administratives, ni aux mêmes formes de comptabilité, ni au même contrôle législatif.

La Suisse, elle, a rompu avec ces errements. Elle a doté ses régies d'une administration autonome et d'une comptabilité distincte. L'ouvrage de M. le comte Louis de Lichtervelde donne un exposé clair et suggestif de la transformation opérée et du système adopté par la Confédération helvétique, notamment pour le budget des Postes et pour l'administration et la comptabilité des Chemins de fer fédéraux.

L'auteur a puisé sa documentation aux meilleures sources. Ce qui distingue son travail, c'est le souci de dégager les principes dont s'inspire la politique budgétaire suisse, pour les rapprocher de la doctrine accréditée dans la plupart des autres pays ; il en fait une critique très judicieuse et aboutit à des conclusions précises et solidement établies. Cette méthode qui ramène les questions à leurs données essentielles, outre sa valeur scientifique, a le mérite d'ouvrir des vues sur des problèmes d'ordre général et de faire oublier au lecteur l'aridité propre aux choses d'administration et de finance. Le livre est écrit d'un style souple, limpide et non sans élégance.

Quelques lignes prises au chapitre final montreront la manière de l'auteur, en même temps qu'elles résumeront sa thèse :

« La démocratie ne saurait aimer les financiers, parce que ceux-ci opposent sans cesse à ses rêves l'impossibilité pratique de les réaliser... Il importe donc plus que jamais d'entourer les institutions financières de l'État de toutes les garanties possibles... Il faut que les comptes soient présentés de façon à révéler immédiatement, comme une balance sensible, le poids des erreurs et des fautes commises...

» Pour tout dire, le spécialisation budgétaire nous apparaît comme un perfectionnement technique et comme une garantie... Poussant même plus loin l'esprit de réforme, nous ne devons pas reculer devant l'idée qui se fait jour d'une autonomie de plus en plus grande de l'exploitation technique des entreprises d'État...

» La vieille démocratie suisse, que le mouvement du siècle expose à tant de dangers, semble l'avoir compris ; les méthodes budgétaires qu'elle a adoptées sont un moyen avantageux de faire la lumière dans la gestion de ses régies ; elles en soustraient les résultats à l'éloquence des rhéteurs et des idéologues, et les empêchent — pour appliquer ici une de ces images saisissantes dont Taine avait le secret — d'étrangler la vérité et de lui tordre le cou à titre de calomniatrice. »

V. F.

XVIII

L'Art, par Augustin Rodin. Entretiens réunis par Paul Gsell. Un vol. in-8° de 318 pages. — Paris, Bernard Grasset, éditeur, 1911.

Ce recueil d'entretiens de notre grand sculpteur Rodin n'a pas, bien entendu, dans son ensemble, un caractère scientifique ; aussi ne parlerons-nous que d'un détail par lequel l'art touche à la science. On sait quelle a été sur les peintres l'influence de la photographie instantanée, dont on a dit parfois qu'elle leur avait appris à voir. A vrai dire, nous n'avons jamais été très enthousiaste des charges de cavalerie d'Aimé Morot, peintre de très grand talent, et les vues instantanées de promeneurs ne nous ont jamais donné l'impression du mouvement. Or cette question du mouvement dans l'art se trouve traitée de façon supérieure par Rodin. Nous reproduirons intégralement le passage de l'entretien qui lui est consacré :

« Notez d'abord que *le mouvement est la transition d'une attitude à une autre.*

» Cette simple remarque qui a l'air d'un truisme est, à vrai dire, la clé du mystère.

» Vous avez lu certainement dans Ovide comment Daphné est transformée en laurier et Progné en hirondelle. Le charmant écrivain montre le corps de l'une se couvrant d'écorce et de

feuilles, les membres de l'autre se revêtant de plumes, de sorte qu'en chacune d'elles on voit encore la femme qu'elle va cesser d'être et l'arbuste ou l'oiseau qu'elle va devenir. Vous vous rappelez aussi comment, dans l'*Enfer* de Dante, un serpent se plaquant contre le corps d'un damné se convertit lui-même en homme, tandis que l'homme se change en reptile. Le grand poète décrit si ingénieusement cette scène qu'en chacun de ces deux êtres, l'on suit la lutte des deux natures qui s'envahissent progressivement et se suppléent l'une l'autre.

» C'est en somme une métamorphose de ce genre qu'exécute le peintre ou le sculpteur en faisant mouvoir ses personnages. Il figure le passage d'une pose à une autre : il indique comment insensiblement la première glisse à la seconde. Dans son œuvre, on discerne encore une partie de ce qui fut et l'on découvre en partie ce qui va être.

» Un exemple vous éclairera mieux.

» Vous avez cité tout à l'heure le *Maréchal Ney,* de Rude. Vous rappelez-vous suffisamment cette figure (1) ?

» *Oui, lui dis-je. Le héros lève son épée et, à tue-tête, il crie* : En avant ! *à ses troupes.*

» C'est juste ! Eh bien ! quand vous passerez devant, regardez cette statue, regardez-la mieux encore.

» Vous remarquerez alors ceci : les jambes du maréchal et la main qui tient le fourreau du sabre sont placées dans l'attitude qu'elles avaient quand il a dégainé : la jambe gauche s'est effacée afin que l'arme s'offrît plus facilement à la main droite qui venait la tirer et, quant à la main gauche, elle est restée un peu en l'air comme si elle présentait encore le fourreau.

» Maintenant considérez le torse. Il devait être légèrement incliné vers la gauche au moment où s'exécutait le geste que je viens de décrire ; mais le voilà qui se redresse, voilà que la poitrine se bombe, voilà que la tête se tournant vers les soldats rugit l'ordre d'attaquer, voilà qu'enfin le bras droit se lève et brandit le sabre.

» Ainsi vous avez bien là une vérification de ce que je vous disais : le mouvement de cette statue n'est que la métamorphose d'une première attitude, celle que le maréchal avait en dégainant, en une autre, celle qu'il a quand il se précipite vers l'ennemi l'arme haute.

(1) Le livre donne une reproduction photographique de la statue, comme, en général, de toutes les œuvres dont il est parlé.

» C'est là tout le secret des gestes que l'art interprète. Le statuaire contraint, pour ainsi dire, le spectateur à suivre le développement d'un acte à travers un personnage. Dans l'exemple que nous avons choisi, les yeux remontent forcément des jambes au bras levé, et comme, durant le chemin qu'ils font, ils trouvent les différentes parties de la statue représentées à des moments successifs, ils ont l'illusion de voir le mouvement s'accomplir. »

Nous ne suivrons pas l'application de cette pensée, faite par M. Paul Gsell à des œuvres de Rodin lui-même. Notons toutefois que le *Saint Jean-Baptiste* et l'*Homme qui marche*, tous deux en progression bien marquée, ont tous deux les deux pieds à terre et à plat.

Arrivons à la conclusion. M. Paul Gsell disant que, quand, dans l'interprétation du mouvement, l'artiste se trouve en désaccord avec la photographie, il ne copie pas la nature avec sincérité, conformément à une loi que lui impose Rodin, celui-ci riposte : « Non, c'est l'artiste qui est véridique et c'est la photographie qui est menteuse ; car dans la réalité le temps ne s'arrête pas ; et si l'artiste réussit à produire l'impression d'un geste qui s'exécute en plusieurs instants, son œuvre est certes beaucoup moins conventionnelle que l'image scientifique où le temps est brusquement suspendu.

» Et c'est même ce qui condamne certains peintres modernes qui, pour représenter des chevaux au galop, reproduisent des poses fournies par la photographie instantanée.

» Ils critiquent Géricault parce que dans sa *Course d'Epsom*, qui est au Louvre, il a peint des chevaux qui galopent *ventre à terre*, selon l'expression familière, c'est-à-dire en jetant à la fois leurs jambes en arrière et en avant. Ils disent que la plaque sensible ne donne jamais une indication semblable. Et en effet dans la photographie instantanée, quand les jambes antérieures du cheval arrivent en avant, celles d'arrière, après avoir fourni par leur détente la propulsion à tout le corps, ont déjà eu le temps de revenir sous le ventre pour recommencer une foulée, de sorte que les quatre jambes se trouvent presque rassemblées en l'air, ce qui donne à l'animal l'apparence de sauter sur place et d'être immobilisé dans cette position.

» Or, je crois bien que c'est Géricault qui a raison contre le photographe, car ses chevaux paraissent courir ; et cela vient de ce que le spectateur, en les regardant d'arrière en avant, voit d'abord les jambes postérieures accomplir l'effort d'où résulte l'élan général, puis le corps s'allonger, puis les jambes anté-

rieures chercher au loin la terre. Cet ensemble est faux dans sa simultanéité, il est vrai quand les parties en sont examinées successivement et c'est cette vérité seule qui nous importe, puisque c'est elle que nous voyons et qui nous frappe.

» Notez d'ailleurs que les peintres et les sculpteurs, quand ils réunissent, dans une même figure différentes phases d'une action, ne procèdent point par raisonnement ou par artifice. Ils expriment tout naïvement ce qu'ils sentent. Leur âme et leur main sont comme entraînées elles-mêmes dans la direction du geste, et c'est d'instinct qu'ils en traduisent le développement.

» Ici, comme partout dans le domaine de l'art, la sincérité est donc la seule règle. »

La remarque finale de Rodin fait comprendre ce qu'il y a de choquant dans la doctrine des *cubistes*, qui semble la déformation de celle de Rodin, soit par de mauvais plaisants, soit par des émules de Bouvard et Pécuchet. Lisez leur manifeste : « *Les peintres cubistes se sont permis de tourner autour de l'objet pour en donner, sous le contrôle de l'intelligence, une représentation concrète faite de plusieurs aspects successifs. Le tableau possédait l'espace, voilà qu'il règne dans la durée... Dessiner un nez de face, les yeux d'un portrait de trois quarts et sectionner la bouche de façon à en révéler le profil, cela pourrait fort bien, pourvu que l'ouvrier eût quelque tact, exalter prodigieusement la ressemblance.* »

Dans un article à la fois humoristique et respectueusement sympathique pour notre illustre philosophe (1), M. Maurice-Verne nous montre M. Bergson relisant à voix haute ce manifeste, puis ajoutant : « C'est très intéressant, n'est-ce pas, comme théorie ?... Je regrette de ne pas avoir vu les œuvres de ces peintres, je le regrette. »

Vous tous qui n'avez pas vu les œuvres des cubistes, n'ayez pas trop de regrets ; mais allez au carrefour de l'Observatoire et au musée du Luxembourg revoir le *Maréchal Ney*, de Rude, et le *Saint Jean-Baptiste*, de Rodin.

G. Lechalas.

(1) *Un jour de pluie chez M. Bergson*, dans l'Intransigeant du 26 novembre 1911.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE

Du degré géothermique. — L'accroissement de température que l'on constate en enfonçant un thermomètre dans les profondeurs de la terre est loin de présenter un caractère uniforme. S'il est, en règle générale, de un degré centigrade pour une augmentation de profondeur d'environ trente-cinq mètres, nombreuses sont les anomalies relevées.

A Dunkerque, par exemple, on a relevé deux géoisothermes distantes de cent mètres, tandis que des régions pétrolifères d'Alsace, de Californie, du Japon, possèdent un degré géothermique de vingt mètres et qu'au voisinage de massifs volcaniques relativement peu anciens, la valeur admise comme moyenne générale s'est trouvée trop grande de plus de moitié.

La multiplicité des observations effectuées, a permis d'acquérir une connaissance approximative des causes qui peuvent influer sur la répartition des températures dans les couches profondes du sous-sol.

Certaines de ces influences tendent à diminuer la longueur du degré géothermique : d'autres tendent au contraire à éloigner l'une de l'autre les surfaces géoisothermes.

Parmi les premières, se rangent la présence, en profondeur, de minerais métalliques, de couches de charbon, de gisements

(1) Joh. Koenigsberger und Max. Mühlberg : *Ueber Messungen der Geothermischen Tiefenstufe, deren Technik und Verwertung zur geologischen Prognose.* Neues Jahrbuch. für Min. Geol. Pal. XXXI. Beilageband Heft I, pp. 107-157, 1911.

de pétrole ou de dépôts salifères, la rencontre ou le voisinage d'eaux thermales ascendantes, ou la proximité de massifs éruptifs assez récents ; il faut y ajouter l'existence dans certaines régions, de formations particulièrement mauvaises conductrices de la chaleur, comme par exemple, d'épaisses accumulations de sable sec. A Ghadamès, en Tripolitaine, on a mesuré dans ces conditions un degré géothermique de 20 mètres. Parmi les causes d'augmentation du degré géothermique, il faut citer le voisinage de grandes masses dont la conductibilité calorifique est très grande. A Utrecht, à Dunkerque, à Naples, le voisinage de la mer exerce une influence considérable. On y a trouvé respectivement 52^{m}, 100^{m} et 130 mètres.

Le mode d'action des formations géologiques dont la présence diminue le degré géothermique conserve encore une certaine obscurité. Selon toute vraisemblance, les gisements de combustibles, les minerais métalliques, les dépôts salins sont capables de dégager de la chaleur d'origine chimique. On peut, théoriquement, invoquer en l'espèce des actions d'oxydation, d'hydratation, ou de dépolymérisation, qui en règle générale sont exothermiques.

On trouvera ci-dessous un tableau consignant les observations les plus importantes :

LOCALITÉS	PROFONDEUR EN MÈTRES	DEGRÉ GÉOTHERMIQUE	REMARQUES
Sperenberg	1006	32.5	—
Sennewitz	1084	36.6	—
Lieth	1259	35.9	—
Schladebach	1748	35.7	—
Paruschowitz	2003	30.7	Présence de charb.
Czuchow.	2239	29.6	Id.
Pechelbronn	516	21.0—13.9	Hydrocarbures
Echigo (Japon) . . .	(?)	20	Pétrole
Santa Maria (Californie).	1097	23	Id.
Flénu.	1150	29.6	Charbon

On conçoit par exemple, que la diminution du degré géothermique observée au voisinage des terrains salifères puisse s'expliquer par l'hydratation de l'anhydrite, qui se trouve ordinairement associée au sel en grande quantité.

Quant aux gisements houillers, il est à remarquer que leur influence est d'autant moins sensible qu'ils sont plus profondément enfouis et, par suite, plus rapprochés de la zone soustraite aux altérations météoriques. Lorsqu'un sondage a traversé le faisceau de couches de houille le plus inférieur, le degré géothermique reprend sa valeur normale. Ainsi à Paruschowitz (Haute-Silésie), les mesures de température au-dessus du charbon conduisaient à un degré géothermique de 26 mètres, tandis que les mesures prises au-dessous, entre 1122 et 2003 mètres de profondeur, indiquaient une valeur de trente-cinq mètres.

Des mesures ont été faites en Belgique par M. J. Libert au Flénu et par F. L. Cornet dans de nombreuses mines de houille. Les chiffres obtenus ont été respectivement 29.6 et 29.61. Michel-Lévy a observé au Creusot 26.0 et Prestwich donne 23.3 pour valeur du degré géothermique à Newcastle.

La discussion des résultats anormaux obtenus de façon constante au voisinage de gisements de matières utiles a conduit des géologues allemands à préconiser l'observation du degré géothermique comme moyen de pronostic (1). En cas de recherche de houille, de sel, ou de pétrole la découverte s'annoncera par un rapprochement des géoisothermes. Tant que celles-ci restent éloignées de plus de 30 mètres, il n'y a, d'après MM. Koenigsberger et Mühlberg, rien à espérer. Il tombe sous le sens que si cette assertion se vérifie, l'observation attentive du degré géothermique pourra rendre de précieux services aux chercheurs.

Les entrepreneurs de sondages se mettront peut-être à multiplier systématiquement les mesures thermométriques : à l'heure actuelle, on ne les décide point facilement à en faire. L'opération, qui comporte la descente au fond du tubage, d'un thermomètre qui doit y séjourner assez longtemps pour que l'équilibre thermique s'établisse, prend de trois à vingt heures, suivant les procédés employés pour le sondage et pour l'introduction de l'appareil de mesure. « Time is money », il n'est point aisé d'obtenir que toute une équipe de sondeurs passe une journée entière à une opération dont les résultats ne peuvent offrir qu'un intérêt purement scientifique.

(1) J. Koenigsberger und M. Mühlberg, *loc. cit.*

Une faune Huronienne. — L'étude microscopique de minerais de fer d'âge huronien, récoltés dans la région des Grands Lacs d'Amérique, a montré à M. L. Cayeux (1), que ces formations offrent une analogie frappante avec les minerais plus récents, primaires et secondaires de la France.

Bon nombre de ces minerais sont oolithiques, ou l'ont été au moment de leur formation. Contrairement à l'opinion de certains géologues américains, M. Cayeux considère la structure oolithique comme originelle, et l'établit par de bons arguments, tels par exemple que la présence d'oolithes fragmentées, de débris d'oolithes remaniés, et même de fragments ayant servi de noyau à une oolithe nouvelle.

M. Cayeux a en outre découvert dans les roches appartenant à la formation ferrugineuse huronienne, de nombreux vestiges organiques, parmi lesquels abondent les restes de crinoïdes, organismes de rang déjà très élevé dans l'échelle des invertébrés. Il est à remarquer que ce même groupe des crinoïdes est largement représenté dans les minerais oolithiques de France et de Belgique. Les recherches de M. Cayeux sur les minerais américains l'ont amené à distinguer au moins trois types du minerais huroniens : 1° Des minerais oolithiques ; 2° des minerais oolithiques et encrinitiques ; 3° des minerais exclusivement encrinitiques.

Ces trois catégories de roches se retrouvent dans les formations ferrugineuses primaires et secondaires de nos régions.

D'autres analogies se remarquent, qui mènent M. Cayeux à conclure qu'à ses yeux, les dépôts ferrugineux du Précambrien d'Amérique « représentent le terme le plus ancien d'une importante famille de roches, partout et toujours pareille à elle-même dès le principe, et développée à des niveaux très différents dans la série sédimentaire, depuis le Huronien jusqu'à l'époque crétacée ».

L'intérêt de cette affirmation n'échappera à personne. On sait que le Huronien représente la formation sédimentaire la plus ancienne qui soit connue, et que le type en a été choisi dans cette même région des Grands Lacs Américains. En fait de fossiles, les dépôts huroniens n'avaient fourni jusqu'ici que de vagues traces, pistes ou empreintes d'origine problématique.

La découverte de M. Cayeux étend donc d'une manière notable nos connaissances sur cette formation. De l'ensemble des carac-

(1) C. R. Acad. Sc., 1611, pp. 910 et 1188.

tères fauniques et lithologiques, M. Cayeux tient pour légitime de conclure que la période huronienne « ne se distingue par aucun caractère essentiel de celle qui la suit immédiatement. Le monde organique est déjà très riche et différencié, la succession des sédiments extrêmement variée, et les transformations complexes dont ils ont été le siège, conformes en tous points à celles qui affectent les dépôts plus récents. »

Terrains jurassiques en Campine. — Dans l'épais complexe de couches secondaires traversé par les divers sondages entrepris en Campine, seuls le triasique et le crétacé étaient représentés jusqu'ici. Notre savant collègue M. X. Stainier vient de décrire dans les Annales des Mines (1), un sondage effectué à Neeroeteren, qui a recoupé, à partir de 755m,50 de profondeur, un peu plus de 80 mètres de couches que l'étude des caractères lithologiques et paléontologiques lui fait rapporter, sans aucun doute possible, au jurassique. Les 65 premiers mètres appartiennent à l'étage Hettangien, et reposent sur environ 17 mètres de couches que M. Stainier considère comme Rhétiennes. Cette dernière attribution n'est toutefois basée sur aucune observation paléontologique, tandis que la première repose sur la découverte de nombreux fossiles, parmi lesquels il faut citer plus de 25 débris d'ammonites pyritisées, dont plusieurs ont montré des sutures bien nettes.

La découverte de jurassique en Campine a été justement qualifiée par son auteur de sensationnelle. Elle vient, de concert avec d'autres trouvailles du même genre faites en Allemagne et dans les Pays-Bas, élucider les relations qui ont dû exister entre les mers jurassiques du bassin de Paris et celles du Nord-Ouest de l'Allemagne.

Von Dechen, en 1884, avait déjà signalé un lambeau jurassique isolé rencontré à Drove, à mi-chemin entre Düren et Zulpich. Le facies et les fossiles y étaient identiques à ceux que fournit le sondage de Neeroeteren.

Environ vingt ans plus tard, M. Schulz-Briesen signala un second outlier du même genre, rencontré au sondage de Bislich, au Nord-Ouest de Wesel, dans la Vallée du Rhin.

A Bislich aussi, la sonde recoupa d'abord des couches Hettan-

(1) M. X. Stainier, *Sur les recherches de sel en Campine*. Annales des Mines, t. XVI. Bruxelles, 1911.

giennes, suivies bientôt de couches du Lias moyen, avec minerai de fer oolithique.

Les caractères du Hettangien de Neeroeteren, de Drove et de Bislich s'identifient à ceux de l'assise Hettangienne de la Marne de Jamoigne. La rencontre, à Bislich, de minerai oolithique vient confirmer la ressemblance avec le jurassique du Nord-Ouest du Bassin de Paris.

Au début de l'époque triasique, la mer bordait un continent dont faisaient partie le centre de l'Angleterre et la Belgique presque tout entière. La partie émergée de notre pays, auquel il faut joindre l'Eifel occidental, était baignée au Sud-Est, à l'Est et au Nord-Est par la mer triasique, dont les dépôts se retrouvent aujourd'hui au sud de l'Ardenne Luxembourgeoise et dans la Campine. L'existence des trois outliers jurassiques de Drove, de Bislich et de Neeroeteren montre que la mer jurassique du bassin de Paris a dû s'étendre vers le Nord, beaucoup plus loin qu'on ne le pensait, et qu'en réalité il faut voir, dans ce qu'on a appelé golfe du Luxembourg, « un détroit qui mettait en communication le Bassin de Paris avec la mer Anglo-Allemande » (1).

On voit, dit judicieusement M. Stainier en terminant le chapitre consacré à cette étude, combien il faut déployer de prudence lorsqu'on veut aborder les essais de reconstitutions paléogéographiques. Qui aurait songé, sans la découverte de ces trois outliers de Drove, Bislich et Neeroeteren, à donner cette immense extension aux mers jurassiques ?

Sur quelques coquilles fossiles. — Parmi les habitants des mers actuelles qui possèdent une coquille, un squelette ou une carapace formée de carbonate calcique, les uns utilisent la calcite, d'autres l'aragonite, et il s'en rencontre qui, plus versés dans l'art d'apprécier les matériaux, emploient simultanément les deux variétés, chacune selon ses qualités spéciales. Les échinodermes, les crustacés, les brachiopodes, les foraminifères sont partisans déterminés de la calcite : La plupart des gastropodes, beaucoup de lamellibranches, presque tous les cœlentérés réservent leur faveur à l'aragonite.

On avait cru quelque temps à l'existence d'une troisième variété de carbonate calcique, baptisée conchite par Miss Agnes Kelly. M. R. Brauns a fait voir que la prétendue conchite n'était que de l'aragonite.

(1) Stainier, *loc. cit.*

Il est admis depuis Sorby que l'aragonite est peu stable. Les coquilles qui en sont formées se transformeraient en un agrégat de menus grains de calcite, résistant eux-mêmes assez mal à la dissolution.

Il est à remarquer qu'on peut obtenir en précipitant du carbonate calcique par le moyen de carbonate ammonique, de l'aragonite très peu stable, dont on peut, sous le microscope, suivre la transformation en calcite.

D'après MM. Cole et Little (1) l'instabilité de la forme aragonite serait le privilège de l'aragonite artificielle, ou tout au moins, il serait erroné de considérer l'aragonite naturelle comme inévitablement vouée à la paramorphose. Il existe en effet des coquilles jurassiques qui actuellement encore sont composées d'aragonite.

La distinction entre aragonite et calcite, aisée quand la préparation se prête à l'utilisation des propriétés optiques, peut présenter certaines difficultés lorsqu'il s'agit de coquilles.

Sorby avait utilisé la différence de densité et la différence de dureté.

La dureté de l'aragonite est moindre que celle de la calcite, tout au moins dans le sens de la diagonale inclinée d'une face de clivage. Mais il est peu aisé de constater la différence.

Le poids spécifique de la calcite est 2,72 tandis que celui de l'aragonite est 2,94. Ce caractère, excellent lorsqu'on possède des échantillons purs, devient lui-même suspect lorsqu'il s'agit de coquilles. Même très vieilles, blanchies à l'air et devenues friables, celles-ci peuvent retenir une proportion assez considérable de matières organiques, dont la présence abaisse le poids spécifique. 14,37 % de ces matières peuvent suffire à réduire la densité d'une coquille en aragonite de 2,96 à 2,72, densité de la calcite.

Il vaut mieux s'adresser à la Réaction de Meigen.

La poudre d'aragonite, traitée par une solution étendue de nitrate de Cobalt à l'ébullition, prend après deux ou trois minutes, une coloration lilas-violet. La poudre de calcite dans les mêmes conditions prend une couleur bleu-clair (2).

Après avoir fait un bon examen critique de la méthode de

(1) Grenville A. J. Cole and Otway H. Little. *Condition of calcium carbonate in fossil shells.* Geological Magazine. Decade V, vol. VIII, n° II, 1911, pp. 49-55.

(2) Cfr. Centralblatt für Min. Geol. Pal., 1901, p. 577.

diagnostic de Meigen, MM. Cole et Little ont examiné un grand nombre de coquilles d'âge très différent, allant de l'époque actuelle à l'Infra-Lias. Ils ont constaté qu'un bon nombre de ces coquilles étaient en aragonite conservée.

Des fossiles appartenant au même genre, comme par exemple Aegoceras Henleyi et Aegoceras Capricornus, se sont montrés, le premier en calcite, le second en aragonite. Deux individus de même espèce, Psiloceras Planorbis, ont présenté la même différence.

Or, MM. Cole et Little ont remarqué que l'état d'aragonite s'était précisément conservé dans le cas de coquilles ensevelies dans un sédiment peu perméable, excluant en quelque sorte la possibilité d'une dissolution par circulation d'eau. D'après cela, il ne paraît pas impossible que des formations plus anciennes que le jurassique ne finissent par nous livrer des coquilles en aragonite conservée.

MM. Cole et Little inclinent, à penser que la transformation des coquilles orginairement en aragonite, n'est pas, comme on l'a pensé, une transformation paramorphique, mais un véritable changement métasomatique.

Quoi qu'il faille penser sur ce point, leurs recherches ont mis en évidence un fait bien inattendu : alors que l'aragonite précipitée par voie chimique dans certaines expériences de laboratoire se montre tout à fait instable, l'aragonite déposée par l'intervention d'organismes est assez stable pour subsister comme telle pendant une longue série de périodes géologiques.

Calcite primaire dans des roches éruptives (1). — La côte de Suède, au nord du détroit du Sund, est bordée d'un chapelet d'îlots de roches cristallines en général infertiles et désolés, dépourvus de végétation et même de sol. Ils ont à peu près tous la même altitude résultant d'un nivellement d'origine glaciaire, et montrent de magnifiques exemples de roches polies et striées.

Au milieu de cette chaîne d'îlots, se rencontre une sorte d'oasis fertile, où l'on voit apparaître des prairies, des champs de blé et des fermes prospères. Les limites de cette aire privilégiée sont celles d'un massif éruptif contenant une roche alcaline, de la famille des syénites néphéliniques, ainsi que des calcaires cristallins. Ce massif est entouré de gneiss considérés comme

(1) *Calcite as a primary constituent of igneous rocks*, by Rachel Workman. Geol. Mag. Dec. V, vol. VIII, may, 1911, pp. 193-201.

archéens, auxquels il se relie graduellement par une auréole métamorphique.

L'étude microscopique de cette roche montre que ses principaux constituants sont l'orthose, la néphéline, la cancrinite, très fraîche, d'origine primaire, la calcite, l'aegyrine-augite ou l'aegyrine, la biotite, la mélanite, le sphène, l'apatite, la magnétite titanifère et l'olivine.

La calcite y présente tous les caractères d'un élément d'origine primaire. On la rencontre en larges plages, enchevêtrées à des plages de biotite, voire d'olivine, avec lesquelles elle réalise un véritable type de texture granitoïde. Il ne paraît pas douteux que ces minéraux n'aient cristallisé simultanément.

Ce n'est pas la première fois qu'on attribue une origine primaire à certaines plages de calcite observées dans des roches éruptives. A Kuolajärvi en Finlande, une syénite néphélinique renferme de la cancrinite et de la calcite dont M. Sundell a établi avec grand soin l'origine primaire. A Dungannon (Ontario), M. Adams a trouvé, dans une syénite néphélinique fraîche, de la calcite dont les rapports de voisinage avec de la hornblende, des feldspaths, de la néphéline, du grenat, sont tels que son origine primaire est certaine.

Il paraît donc bien que la calcite peut parfaitement prendre naissance par la solidification d'un magma intrusif.

Dans l'île d'Alnö, qui est celle dont il vient d'être question, des calcaires cristallins sont associés à la syénite, dont il arrive qu'on les voie recouper la masse à la manière de véritables filons, tantôt croiseurs, tantôt croisés. Ces calcaires renferment tous les éléments de la syénite, sauf la cancrinite. Le cortège habituel des minéraux qui abondent dans les calcaires métamorphisés par contact leur fait défaut. La trémolite, le diopside, la forstérite, qui sont si caractéristiques des transformations métamorphiques de calcaires impurs n'y sont pas représentés. Débarrassé des silicates qu'il contient, ce calcaire cristallin a fourni jusqu'à 98 % de calcite.

Il n'y a guère entre la syénite et les calcaires cristallins d'Alnö, qu'une différence quantitative ; qualitativement, leurs constituants sont les mêmes. M. Högbom n'hésite pas à déclarer que la calcite a pu cristalliser directement du magma.

Il va sans dire que sa thèse a rencontré des contradicteurs. M. Daly notamment (1) considère que la présence de calcite dans

(1) Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. XXI, 1910.

une syénite doit avoir pour cause la digestion par un magma primitivement granitique et nettement acide, de tout ou partie d'un massif calcaire préexistant : L'absorption d'une certaine quantité de calcaire a pour effet de faire disparaître la silice libre, et de donner naissance à une syénite pouvant contenir un excès de calcite.

Mais l'Archéen de la région d'Alnö ne contient pas de calcaires : S'il a pu s'en rencontrer sur le trajet de la masse intrusive, ce furent à coup sûr des calcaires sédimentaires plus récents et impurs, dont l'absorption aurait eu pour effet de faire apparaître dans l'auréole, une série de minéraux typiques, qu'en fait on n'y rencontre pas. Faut-il rappeler que l'existence de la calcite, impossible dans une roche effusive, ne contredit en rien ce que nous savons aujourd'hui de la solidification des masses intrusives ?

Les physiciens vont-ils nous apprendre l'âge de la Terre? — L'âge de notre planète, qu'on a tenté bien des fois déjà d'établir avec une certaine approximation, est resté jusqu'ici enveloppé d'un mystère que les efforts des géologues et des paléontologistes, pas plus d'ailleurs que les calculs des mathématiciens, n'ont pu parvenir à percer.

Évalué à l'origine à un nombre considérable de centaines de millions d'années, on l'a vu estimer par la suite à dix ou quinze millions, en passant par des valeurs intermédiaires, telles que vingt, quarante, cent, deux cents, quatre cents, millions d'années. On a même été jusqu'au milliard.

Les considérations sur lesquelles on s'est efforcé de baser les déterminations d'âge sont des plus variées ; L'étude des phénomènes actuels, l'évolution des faunes, la dynamique terrestre interne et l'astronomie sont successivement intervenues.

Plus récemment, on a fait entrer en ligne de compte les données nouvellement acquises sur la radioactivité des roches (1).

La plus ancienne détermination tentée par voie purement physique est due à Sir W. Thomson (actuellement Lord Kelvin), qui, en 1862, entreprit d'appliquer l'équation de Fourier au refroidissement de la terre. Cherchant à fixer un maximum et un minimum admissibles, il obtint respectivement 20 et 400 millions d'années, et admit comme valeur probable un million de

(1) Cfr. P. Pruvost, *L'âge de la terre, calculé par les méthodes physiques* Annales de la Société géologique du Nord, t. LX, p. 130, Lille 1911 ; et J. Koenigsberger,, *Geologische Rundschau*, Band 1, Heft 5, Leipzig 1910.

siècles, en chiffres ronds. Notons qu'il considérait lui-même les données, dont il était parti, comme très approximatives, et qu'il modifia plus tard sa méthode, de façon à obtenir comme probable, une valeur comprise entre 20 et 40 millions d'années.

Clarence King, en 1893, trouva, par une méthode analogue, un chiffre compris entre 10 et 24 millions.

M. Joly, reprenant en 1900 une méthode préconisée en 1879 par Mellard Reade, obtint un chiffre de 90 à 100 millions d'années. Considérant la teneur en sodium des eaux des Océans, connaissant approximativement la quantité qu'y déversent annuellement les eaux continentales, M. Joly calcule le temps que les apports continentaux annuels exigent pour amener à la concentration actuelle les eaux océaniques. Moyennant l'hypothèse que la salure des mers primitives était nulle, et que tout leur sodium a dû leur être fourni par les continents, ce procédé mène à une connaissance approximative du nombre cherché.

En raisonnant d'une manière analogue sur la formation du calcaire aux dépens de silicates calciques, M. Dubois, d'Amsterdam, arrive à une valeur minima de quelques dizaines de millions d'années ; mais il ajoute qu'on en pourrait tout aussi bien admettre plus d'un milliard.

En 1908, M. G. F. Becker, par la méthode de Lord Kelvin, obtient 60 millions ; en 1910, M. Koenigsberger revisant les données numériques de ses prédécesseurs, trouve un minimum de trente millions d'années.

Ajoutons qu'une méthode basée sur la contraction du géoïde a fourni, entre les mains de M. Rudzki, une valeur de 500 millions d'années, depuis le Silurien seulement.

On voit qu'il y avait lieu de chercher autre chose.

M. E. Rutherford, le premier s'est adressé aux corps radioactifs (1).

On sait que le radium, le thorium, l'uranium, subissent spontanément une sorte de désagrégation atomique, très lente d'ailleurs, dont le produit final est de l'hélium. On a calculé qu'un gramme d'oxyde de thorium produit un centimètre cube d'hélium en 55 millions d'années, tandis qu'un gramme d'oxyde d'uranium se contente de cinq fois moins de temps, c'est-à-dire de onze millions d'années. On entrevoit la possibilité de calculer l'âge d'une roche, dont on ait établi la teneur en hélium occlus et en substances radioactives inaltérées. Il est bien entendu qu'ici aussi, il faudra s'encombrer d'hypothèses plus ou moins

(1) E. Rutherford, *Radioactivity*, Cambridge 1905.

justifiées : On admet évidemment que tout l'hélium décelé provient bien des transformations de corps radioactifs authigènes, et que les vicissitudes que ne peut manquer de subir une roche au cours de périodes aussi fabuleusement longues n'ont pas modifié sa teneur en gaz occlus.

Cette méthode a donné à M. Strutt les résultats suivants, obtenus en opérant sur des zircons recueillis dans des roches éruptives de différents âges.

Un zircon de la Somma a indiqué moins de 100 000 ans.

Un autre provenant d'une lave pliocène de la nouvelle Zélande serait vieux de 2 millions d'années. Une coulée miocène d'Espally remonterait à six millions d'années, un granite paléozoïque du Colorado n'a pas accusé plus de 140 mille ans, tandis que deux zircons extraits de l'archéen du Canada (Ontario), se sont affirmés vieux respectivement de six cents et de sept cent dix millions d'années.

Ces chiffres, comparés à ceux qu'avaient fournis les méthodes exposées précédemment, donne une juste idée du degré d'incertitude où nous sommes au sujet de l'âge de la terre.

M. J. Koenigsberger, qui s'est livré à un examen critique de tous ces résultats. conclut son importante étude en constatant qu'on se trouve entre un minimum de trente millions, établi par la méthode de Lord Kelvin, et un maximum d'environ 600 millions d'années, indiqué par la radioactivité. Entre ces deux extrêmes, il lui paraît sage de s'arrêter à une valeur comprise entre un et deux millions de siècles.

N'est-ce pas le bon sens, qui parlait par la bouche du président de la Société géologique de Londres, en 1869, dans des termes que je ne résiste pas au plaisir de citer : « Mathematics may be compared to a mill of exquisite workmanship, wich grinds you stuff of any degree of fineless ; but nevertheless, what you get out depends on what you put in ; and as the grandest mill in the world will not extract wheat-flour from peascods, so pages of formulae will no get a definite result out of loose data » (1). Ce qui signifie à peu près, si on laisse de côté l'intraduisible tournure humoristique de cette conclusion, qu'il faut se garder de se laisser éblouir par l'apparente précision de calculs de ce genre, appliqués à des problèmes aussi complexes : leur aspect séduisant ne saurait faire illusion sur la faiblesse et l'incertitude des données expérimentales qui leur servent de fondement.

F. K.

(1) Huxley, *Presidential adress to the geological Society*, 1869.

ENTOMOLOGIE

—

La prothétélie. — C'est le nom donné par Kolbe en 1903 à un phénomène très rare, ou du moins très rarement observé jusqu'ici, défini par l'apparition prématurée (vorschnelle Entwicklung) chez la larve d'un insecte à métamorphoses complètes, de caractères propres à la nymphe ou à l'imago.

Le premier cas observé a été celui si curieux des vers à soie *(Sericaria mori)*, remarqué en Italie, il y a plus d'un siècle. Les ailes et les yeux composés se manifestaient dès après la quatrième mue, et le ver se transformait ainsi, sans construire de cocon ni passer par l'état de chrysalide, en un fantôme de papillon à corps de chenille.

Heymons, en 1896, obtint souvent dans ses élevages de *Tenebrio molitor* ou ver de farine (Col.), des larves munies de moignons élytraux et alaires, parfois aussi développés que chez la nymphe.

Kolbe, en parlant de ce phénomène, décrit et figure, par exemple, une chenille de *Dendrolinus pini* (Col.) munie de volumineuses antennes, de 7 articles, de maxilles et de pattes anormalement développées, d'ailleurs symétriques ; cette chenille faisait partie d'un élevage où cinq autres individus étaient apparus.

Dernièrement (1911), M. de Peyerimhoff a obtenu une chose semblable dans les larves de *Malthodes* (Col. Cantharidæ), placées dans des tubes remplis de terre en vue d'obtenir l'imago. Quelques jours après, en visitant le tube où deux insectes s'étaient transformés, il trouva une larve encore active, bien que manifestement proche de l'état adulte, et présentant les caractères de la prothétélie ; le metanotum portait aux côtés deux prolongements membraneux aliformes, symétriques et divergents.

L'interprétation et les limites mêmes de la prothétélie sont encore sujettes à controverse. M. Heymons a rejeté l'idée de considérer la prothétélie comme une réaction à des traumatismes (Bauer), ou une régénération anticipée (Schindler). Le fait que tous les cas observés jusqu'à présent se sont produits en captivité donnerait à penser, dit Kolbe, qu'ils ont une origine tératologique.

L'entomologie au Canada. — Ce n'est pas une entreprise vulgaire de dresser un Catalogue des Insectes d'une région quelconque d'extension un peu considérable, et il faut pour la mener à bien la collaboration de plusieurs naturalistes. Pareille entreprise est digne d'éloges que nous adressons volontiers aux entomologistes du Canada.

Le Comité exécutif de la Société d'Entomologie d'Ontario, dans une séance tenue à Guelph le 4 novembre 1910, a voté à l'unanimité la préparation d'un Catalogue général des Insectes du Canada.

La liste sera intitulée *Catalogue des Insectes du Canada et du Newfoundland*. Le Labrador y sera compris, mais non l'Alaska ; toutefois la liste des insectes de cette région qui seront connus pourra être publiée en appendice.

On suivra, dans l'énumération, la division en ordres, sous-ordres, familles, sous-familles et genres. Dans l'énumération des genres, on suivra l'ordre systématique, et dans celle des espèces également, autant que possible.

On ajoutera le nom des auteurs de tous les genres et espèces mentionnés avec la date (année) de leur publication.

Sous le nom de chaque espèce, on renverra à une ou deux bonnes descriptions de l'insecte, qui ne seront pas nécessairement la description originale, et aux figures éditées.

Les noms latins des plantes qui servent de nourriture seront donnés, spécialement pour les Lépidoptères, Cécidies, Aphides, Coccides et les Hyménoptères et Coléoptères phytophages.

Pour les espèces parasites, le nom de l'hôte sera signalé, s'il est connu.

Un Comité s'est constitué sous la présidence du Dr E. M. Walker, pour l'exécution de ce Catalogue ; le travail sera distribué entre plusieurs entomologistes, qui sont déjà signalés ; en outre, on cherchera la collaboration d'autres entomologistes dans différentes régions.

Les régions où les insectes se trouvent seront citées, ainsi que le nom du collecteur, quand l'insecte n'aura pas été trouvé auparavant.

Les Protura. — Ce nouvel ordre est une trouvaille toute récente.

La première espèce a été signalée par M. Dodero, de Gênes, et décrite par M. Silvestri en 1907 sous le nom d'*Acerentonum Doderoi*, créant pour cet insecte un genre et un ordre nouveaux,

l'ordre des *Protura*, considéré par l'auteur comme appartenant aux *Pterygota* voisins des Chilopoda. C'est Berlese qui les a appelés *Myrientomata* (1).

Cet auteur, aidé de l'appareil qu'il a imaginé pour prendre de petits insectes, des acariens, a réussi à les trouver en grand nombre. Ils sont très communs partout, dans les mousses et surtout dans la terre humide sous les mousses et sous les feuilles mortes.

Il les a rencontrés dans les plaines et sur les hautes montagnes (jusqu'à 1500 m.), dans les prairies et dans les bois, en un mot, partout où on trouve l'humidité suffisante nécessaire à la vie de ces petites bêtes. Il les a trouvés en Italie et au Trentin.

Dernièrement il a pu faire la monographie des dix espèces connues, distribuées en trois genres et deux familles : la famille *Acerentomidæ* comprenant les genres *Acerentomum* Silv. et *Acerentulus* Berl. et la famille *Eosentomidæ* avec le genre unique *Eosentomum*. A ceux-ci, il faudra ajouter une autre espèce décrite par Silvestri, *Eosentomon Wheeteri* avec la var. *mexicana*.

Ce sont des bestioles ayant l'aspect des *Thrips*, au corps allongé, qui, pour se mouvoir, peuvent se raccourcir et s'étendre de la moitié au double, en introduisant partiellement chacun de leurs segments sous le segment antérieur.

Elles sont caractérisées par l'absence totale d'antennes, la tête conique, trois paires de pattes, les premières qu'elles portent élevées en marchant, comme les mantes, et dont elles se servent également pour la préhension ; elles ont en outre trois paires de pattes abdominales abortives. Les segments abdominaux sont au nombre de douze chez les adultes, les formes larvaires n'en ont que neuf, mais, entre le huitième et le pygidium, s'intercalent successivement trois autres segments.

Il est permis de croire que ces bestioles sont répandues un peu partout, mais elles avaient passé inaperçues des naturalistes jusqu'à présent.

Les Coléoptères des îles Seychelles. — L'entomologie de ces petites îles, situées au N. E. de l'Afrique, a été l'objet de plusieurs travaux de différents naturalistes, de France (Alluaud,

(1) Selon mon avis il faudrait conserver le nom primitif *Protura* créé pour un ordre nouveau, attribué par erreur facile à la classe des Insectes. Si on admet le changement de *Protura* en *Myrientomata*, il faudrait inventer et changer continuellement des noms lorsqu'on transporte un groupe quelconque d'une place à une autre.

Brogniart, de Joannis, Fairmaire, Martin, Pérez, Pic), de Belgique (Bormans, Kerremans, Lameere), d'Italie (Emery, Giglio-Tos), d'Espagne (Bolivar), d'Angleterre (Waterhouse) et des États-Unis (Linell).

Dernièrement M. Kolbe, de Berlin, nous a donné l'état actuel de nos connaissances sur les Coléoptères de ces îles en énumérant les espèces déjà décrites et en y ajoutant la description d'espèces nouvelles, voire même de nouveaux genres.

Il a fait plus, il donne l'aperçu de la faune surtout entomologique de ces îles en faisant remarquer le caractère de celle-ci.

A cette fin, il divise les îles en général en quatre groupes eu égard à la nature de leur faune : 1. Les îles *continentales*, où la faune est presque celle des continents voisins ; telles sont : l'Angleterre, le Japon, Ceylan, la Tasmanie, Fernando-Po : 2. Les îles *insulaires*, dont la faune propre est très différente de celle des terres voisines ; telles sont : Madagascar, la Nouvelle-Guinée et les Antilles : 3. Les îles *océaniques* avec plusieurs espèces *endémiques* ou propres, comme les Canaries, Sandwich, Kerguelen, Sainte Hélène, Madère. 4. Les îles *océaniques à faune adventive ;* ce sont les îles de l'Ascension et un grand nombre de celles de l'Océanie.

Les Seychelles sont à placer dans le troisième groupe. En effet, on a décrit un grand nombre d'espèces propres dans tous les ordres, et M. Kolbe fait remarquer opportunément la provenance continentale de la plupart des espèces qu'on a énumérées. Il indique aussi la diverse provenance des autres, et il décrit un grand nombre d'espèces endémiques.

Les Bathyscinæ (Coléoptères silphides). — La faune souterraine est l'objet d'infatigables recherches de nombreux naturalistes. Plusieurs groupes des Invertébrés sont représentés sous terre, mais l'étude des Bathyscinæ a été développée surtout par les récents entomologistes et en particulier par le Dr R. Jeannel, de France.

La tribu est connue depuis 1831 par l'espèce *Leptoderus Hohenwarthi* Schmidt, des grottes d'Addsberg. Depuis ce temps le nombre a augmenté sans cesse, mais dans les dix dernières années l'augmentation a été extraordinaire. Actuellement, on connaît de cette tribu plus de 200 espèces distribuées en 59 genres, dont le quart est d'Espagne.

Ils occupent la région paléartique, tant les lucicoles que les cavernicoles. Les deux groupes n'ont pas d'yeux, ou, s'ils en possèdent, ils sont comme atrophiés ou rudimentaires, et im-

propres à la fonction de la vision. De là un gros embarras pour les partisans de l'évolution ou de la phylogénèse. Tandis que les uns, comme M. Jeannel, le savant monographiste des Bathyscinæ, supposent que les formes cavernicoles descendent des lucicoles, le fait que celles-ci sont primitivement aveugles porte d'autres auteurs à croire plus naturel que les formes cavernicoles sont les ancêtres, et que les lucicoles ne sont que les descendants des troglodytes, qui délaissant la vie des profondeurs souterraines ont cherché ailleurs une meilleure fortune, et ne sont pas encore accommodés à la lumière.

Les Gryllacrides (Orthoptères). — Ces curieux Orthoptères, dont aucun représentant n'existe en Europe, ont fait la spécialité du professeur Griffini, de Boulogne, qui avec une activité admirable examine tous les coins des musées et trouve toujours de quoi illustrer la littérature entomologique d'espèces nouvelles ou critiques. La série de ses écrits est déjà longue et nombre de musées d'Europe ont bénéficié de sa compétence. Celui de Berlin a fourni naguère un gros matériel, dont l'étude a été publiée dans les Actes de la Société Italienne des Sciences Naturelles. Les descriptions sont en latin, les observations à faire en italien.

Le mérite de l'auteur a été reconnu par l'Académie *dei Lincei,* qui lui a accordé un prix de deux mille lires pour l'ensemble de ses travaux.

Les Libellules et les frelons. — Les Libellules sont des insectes des plus carnassiers qu'on connaisse. En planant sur les étangs ou sur les cours d'eau, elles font une chasse acharnée à tous les insectes, qu'elles dévorent presque sans cesse. Quoique elles aient une armure buccale formidable pour les insectes plus petits ou plus faibles, elles ont à leur tour d'autres ennemis non moins acharnés.

Plusieurs oiseaux les poursuivent et les mangent avec avidité. Mais il y a aussi des insectes qui les chassent au vol et s'en nourrissent, et, ce qui est plus étonnant, ces bandits sont de taille beaucoup moindre.

On a vu parfois un Asilide (Dipt.) s'emparer d'une forte Libellule plus de quatre fois plus grande, un *Sympetrum,* et en sucer les liquides vitaux après l'avoir tuée préalablement.

Un autre cas semblable a été observé plus récemment par M. A. Prieur avec une des plus grosses Libellules d'Europe. Il

le décrit d'une façon pittoresque dans la Rev. du Bourb. et du centre de la France, 1911, p. 89.

« Pendant la chaude après-midi du 24 août dernier, écrit-il, je m'amusais à suivre de l'œil les rapides évolutions de plusieurs Libellules *(Æschna cyanea)* qui voltigeaient légèrement au-dessus d'un bassin rempli de plantes aquatiques. Tout à coup un frelon, arrivant en bourdonnant, se précipita sur une des gracieuses *demoiselles,* qui suspendit aussitôt son vol, resta un instant immobile en agitant faiblement ses ailes, puis tomba à terre ayant l'Hyménoptère cramponné sur son dos. Je m'approchai du lieu de la chute et je vis avec horreur le frelon, maintenant la libellule entre ses pattes, lui arracher la tête et lui déchiqueter le corselet avec ses mandibules crochues qui fonctionnaient comme de puissantes tenailles. En un instant la libellule fut réduite en fragments et peut-être le frelon allait-il reprendre son vol, en en emportant une partie, mais je n'eus pas le courage d'attendre l'épilogue de ce drame et j'intervins en écrasant le bourreau sur le corps mutilé de sa victime. »

Les Névroptères du Danemark. — L'étude de la faune du Danemark a été confiée à plusieurs entomologistes, qui ont rédigé des manuels d'initiation scientifique en langue danoise, illustrés de nombreuses figures. Sous le nom de Pseudo-névroptères, M. Petersen a compris dans un joli opuscule les Odonates, les Éphémères, les Perles et les Copéognathes.

L'ouvrage est d'une grande valeur pour la détermination de toutes les espèces du pays. On n'en trouve aucune nouvelle, mais on donne de toutes une description simple, nette et suffisante. Des clés dichotomiques aident à les trouver et à les distinguer. Les 133 figures qui illustrent ces descriptions sont très bien choisies ; elles montrent les organes principaux et les détails caractéristiques de chaque espèce. Les larves aussi y sont soigneusement étudiées, autant que possible.

Les Odonates de l'Amérique du Nord. — Le nombre total des Odonates connus de l'Amérique du Nord est de 494 espèces et sous-espèces, outre 27 espèces fossiles, d'après le Catalogue de M. Muttkowsky.

Pour la distribution des familles ce Catalogue offre une nouveauté, ou plutôt la restauration des noms génériques admis dans le catalogue de Kirby : *Agrion* et *Cœnagrion* au lieu de *Calopteryx* et *Agrion* respectivement, et cela en conformité

avec les règles de nomenclature admises. De là la suppression du nom de famille *Calopterygidæ*, qui est remplacé par celui d'*Agrionidæ*, et *Agrionidæ*, remplacé par *Cœnagrionidæ*.

Ainsi, d'après Muttkowsky, tous les Odonates peuvent être distribués en quatre familles : *Agrionidæ* (Calopterygidæ des auteurs), *Cœnagrionidæ* (Agrionidæ), *Æshnidæ* (Æschnidæ) et *Libellulidæ*.

Les Cécilides (Névr.) **du Japon.** — La connaissance des Psocides, les insectes les plus petits parmi les Névroptères, ayant été portée à un haut degré de perfection, grâce surtout aux efforts de M. Enderlein, un entomologiste du Japon, M. Okamoto, a entrepris l'étude d'un groupe, les Cécilins (Cæcilidæ d'après l'auteur).

Il est divisé en quatre sous-familles et quatorze genres, dont un nouveau, comprenant 34 espèces, dont la moitié est nouvelle. Ce qui prouve une fois de plus la richesse entomologique de cette région de l'extrême Orient.

Les descriptions sont largement dressées d'après la méthode d'Enderlein, et écrites en allemand. Trois planches en couleur montrent avec un énorme grossissement les particularités des ailes de ces bestioles de 2-5 millimètres.

Les Sialides (Névr.). — A l'occasion de l'étude des magnifiques collections de Selys Longchamps, M. Van der Weele, récemment ravi à la science, a fait une étude monographique de cette famille, la plus primitive des Névroptères, selon l'avis de l'auteur. En effet, la structure du corps, dit-il, l'appareil génital, la nervature des ailes, outre la biologie des larves et des pupes (nymphes), manifestent des caractères d'ensemble qui se trouvent séparés chez les *Trichoptera*, les *Planipennia* et les *Mecoptera*.

Il en fait une des deux familles de l'ordre des *Megaloptera* (une des multiples divisions des Névroptères, considérées à présent par quelques auteurs comme des ordres autonomes) avec les Raphidides.

Il divise, avec M. Davis, des États-Unis, la famille en deux sous-familles, *Corydalinæ* et *Sialidinæ*. Or nous avons eu l'occasion, au Congrès entomologique de Bruxelles, de séparer la première de ces branches de la famille des Sialides, pour en constituer une famille indépendante, sous le nom de *Neuromides*,

dénommée ainsi du genre *Neuromus* très typique de ce groupe et le plus primitif de tous, selon Van der Weele.

Du reste nous accepterons volontiers la division des Neuromides (famille) en deux tribus, avec Van der Weele, celle des *Neuromini*, comprenant les genres *Platyneuromus, Neuromus, Chloronia*, *Protohermes* et *Hermes*, et celle des *Chauliodini*, avec les genres *Archichauliodes, Protochauliodes*, *Parachauliodes*, *Chauliodes*, *Neochauliodes* et *Nigronia*.

Cette famille est cosmopolite, comme en général celles des Névroptères. Quelques genres pourtant ne se trouvent que dans des régions déterminées, surtout de l'Amérique et de l'Asie, où les espèces sont en grand nombre.

L'arrangement taxonomique de la famille a été tout à fait remanié par Van der Weele. Les 70 figures intercalées dans le texte et les 4 planches hors texte représentent autant d'espèces.

La viviparité des papillons. — Les premiers cas de viviparité qu'on ait constatés chez les papillons sont celui de *Tinea vivipara* de l'Australie par Scott et d'une autre Tinéide indéterminée de l'Amérique méridionale par Fritz Müller. Ces cas ont été évidents ; les mères ont déposé des larves vivantes et se mouvant aux yeux des spectateurs, naturalistes sagaces et bien informés.

Les observations récentes de M. Kusnezov, de Saint Pétersbourg, sont d'une autre nature. Elles sont basées directement sur l'étude anatomique de la mère et donnent des indices assez forts de la viviparité de plusieurs espèces de papillons diurnes, qu'on ne s'attendait pas à trouver vivipares. Elles appartiennent à la famille des Danaïdes ou Piérides des auteurs, surtout aux genres si connus *Colias*, *Euchloe, Leptidia*, etc.

Le fait fondamental est la présence, dans une dilatation de l'utérus inférieur, d'une larve bien formée, de 3-5 mm. sans corion sensible, avec ses pièces buccales, ses pattes, ses fausses pattes, etc.

L'absence de corion, qui n'a pas pu disparaître pendant la préparation microscopique, semble indiquer un vrai cas de viviparité.

On a trouvé surtout cet embryon dans les échantillons du nord de la Russie et des hauteurs. Les mêmes espèces, prises dans des latitudes inférieures ou dans les plaines, n'offrent guère ce phénomène. Cela fait croire à M. Kusnezov qu'il s'agit d'un cas de viviparité subsidiaire, excité par la courte durée de la végé-

tation dans les contrées, où la plupart des œufs n'arriveraient pas à éclore, où les larves périraient bientôt avant leur complet développement.

La même observation a été faite par MM. Champion et Chapman sur les Coléoptères du genre *Oreina* habitant les montagnes.

On pourrait objecter à cette observation que la larve a été développée dans le sein de la mère, après la mort de celle-ci. Mais le grand développement de l'embryon rend peu probable cette explication. Une observation directe des mêmes espèces vivantes ou tout récemment tuées rendrait plus évidente la signification de ces faits nouveaux.

Le cas d'une viviparité facultative dans des circonstances diverses n'est pas neuf, et on l'avait déjà constaté. Dans le cas présent, il est probable, d'après M. Kusnezov, qu'une telle viviparité existe réellement, et qu'un même individu peut produire des œufs normaux ou des larves, selon les circonstances.

La classification des Hémiptères. — Il y a peu d'insectes plus intéressants pour l'homme et qui aient été plus négligés, jusqu'à ces dernières années, que les Hémiptères. Dernièrement une élite d'entomologistes, en Europe et en Amérique, a illustré ce champ si fécond pour la science et pour la vie pratique, étant donné que de terribles dégâts de la végétation sont dus à ces animalcules doués d'un pouvoir de reproduction épouvantable.

On a essayé plusieurs fois de grouper par sous-ordres et par familles l'armée des Hémiptères, mais on n'était pas d'accord sur maints noms à donner aux divers groupes, voire à des espèces. Souvent les principes de la classification n'étaient pas bien précisés, parfois on ne tenait pas compte de la loi de priorité, parfois aussi on poussait jusqu'au bout ce principe, et on l'a soutenu en face de fâcheuses conséquences.

M. Kirkaldy, par exemple, champion ardent de la loi de priorité, est arrivé dans son Catalogue des Hémiptères à former une famille sous le nom de *Cimicidæ* en prenant pour type le genre *Cimex*, qui lui-même est tout autre chose que la punaise des lits, le vrai *Cimex* des anciens et sans doute le *Cimex lectularius* de Linné.

M. le Dr Horvath, le savant Directeur du Musée de Budapest, a soutenu le principe de priorité avec une certaine flexibilité qu'exigeaient les circonstances. Il est plus partisan de l'esprit que de la lettre des lois, et pour le cas présent, il soutient la validité du nom *Cimex lectularius* et conséquemment de la

famille *Cimicidæ* pour les punaises de lit. Il importe de transcrire ici ses paroles : « Après de longues et mûres réflexions, je me suis décidé à suivre le « bon sens » de Latreille. Mes excellents amis Reuter et Bergroth sont du même avis. Ils pensent aussi que, au moins dans ce cas, on doit tolérer une exception à la loi de priorité et qu'il faut conserver, pour notre fameuse co-locataire, le nom *Cimex lectularius*. Le Dr Bergoth a encore apporté à l'appui de cette dénomination un nouvel argument, trouvé dans un ouvrage botanique de Linné et qui me paraît très important. Linné, en traitant des règles de la nomenclature botanique, a proclamé le principe suivant : « Si genus » receptum, secundum jus naturæ et artis, in plura dividi debet, » tunc nomen antea commune manebit vulgatissimæ et officinali » plantæ ». Le Dr Bergroth fait remarquer avec raison qu'on ne peut nullement douter que Linné ait reconnu la portée de ce principe aussi pour la nomenclature zoologique et que, s'il avait démembré lui-même son genre *Cimex*, il l'aurait réservé bien sûrement à la punaise de lit. »

Nous souscrivons volontiers à ce sage procédé, et nous croyons, avec M. Horvath, que cet argument est tellement concluant, qu'on peut espérer que le nom de *Cimex lectularius* sera maintenant définitivement arrêté et qu'il restera dorénavant à l'abri des attaques des partisans de la priorité absolue.

Du reste le Dr Horvath choisit autant que possible le nom le plus ancien, et il désigne les familles du nom d'un genre ou plus ancien ou plus typique, en adoptant toujours la terminaison en *idæ* pour toutes les familles, ce qui n'était pas généralement fait par tous les auteurs.

Ainsi, il établit pour les Hétéroptères 43 familles et 17 pour les Homoptères.

De toutes ces familles, il donne la synonymie très complète, et il désigne le nom du genre d'où vient la dénomination de la famille.

Le genre Stichopogon (Dipt.). — La famille des Asilides contient les plus gros Diptères, vaillants ennemis des araignées et des guêpes, qu'ils dominent et qu'ils sucent avidement. Elle est assez nombreuse, et son étude occupe maintenant plusieurs entomologistes.

Le professeur Bezzi, de Milan, a entrepris la revision de l'ancien genre *Stichopogon* créé par Lœw en 1847.

D'abord il le divise en cinq genres, dont quatre nouveaux :

Neopogon, Echinopogon, Dichropogon et *Clinopogon*. Puis il prend chaque genre et il donne les caractères, la clé dichotomique des espèces et la description détaillée de toutes les formes. Un grand nombre d'entre elles sont nouvelles et sont décrites pour la première fois dans les ANNALES du Musée de Budapest.

Le tout est écrit en latin, même les observations et considérations générales, les notices sur la patrie, les collections, les collecteurs, etc.

Le mérite de ce grand passionné des diptères a été consacré par le prix de deux milles lires que lui a accordé l'Académie *dei Lincei* dans le dernier concours.

Les espèces paléartiques du genre Pachyrhina (Dipt.).— Les espèces des Diptères appartenant à la famille des Tipulides sont encore peu étudiées. La longueur des pattes et des ailes, qui leur fait occuper beaucoup de place dans les collections, l'extrême facilité avec laquelle les pattes se brisent ou se détachent, ce qui rend les échantillons frustes et mutilés, concourent à rendre ces insectes peu sympathiques aux collectionneurs, malgré leur abondance, surtout dans les lieux humides, près des ruisseaux, des étangs et des marais.

M. Riedel, entre autres, a entrepris la classification de ces insectes, un peu embrouillés. Il présente le genre *Pachyrhina*, se bornant aux espèces paléartiques, en y comprenant une espèce des îles de Madère.

Après avoir exposé les caractères du genre, il établit la clé dichotomique des espèces et en donne une courte mais suffisante description pour quelques-unes qui sont un peu rares ou pas très bien connues ; les descriptions sont plus longues et plus abondantes pour les espèces nouvelles.

La distribution géographique de ce genre est très étendue. Du bord de l'Afrique jusqu'à la Sibérie il y a des *Pachyrhina* en abondance ; une seule espèce, la *lineata* Scop., très commune partout en Europe, se trouve aussi dans l'Amérique septentrionale.

Nécrologie. — La mort a sévi d'une manière particulière dans les rangs des entomologistes qu'elle a éclaircis sans pitié, sans pardonner même au jeune âge. Parmi ceux qu'elle nous a ravis, nous en mentionnerons deux à cause de leur notoriété scientifique pendant de longues années.

Pour l'entomologie en général, et notamment pour la Lépidoptérologie, la mort de M. P. W. Tutt est une perte irréparable.

Il était doué d'une activité prodigieuse ; son grand ouvrage, *Histoire Naturelle des Lépidoptères d'Angleterre,* l'attestait assez. Ses volumes en cours de publication apportaient toujours de merveilleuses surprises aux spécialistes. Il étudiait non seulement les noms et la classification des papillons, mais aussi leurs mœurs, leur habitat, leurs métamorphoses, leur nourriture, leurs hybridations et leurs variations multiples ; rien n'échappait à son œil pénétrant, à son investigation bibliographique.

Outre cette œuvre colossale, il a laissé d'autres travaux variés de science pure et quelques ouvrages de vulgarisation scientifique.

Il dirigeait deux revues d'Entomologie : *The entomologist's Record* et *The South Eastern Naturalist.*

Il débuta, comme instituteur primaire, au Collège St-Mark à Chelsea ; lors de son décès, le 10 janvier 1911, il était instituteur en chef à l'École supérieure de Portman Place.

Il appartenait à différentes sociétés scientifiques ; en 1885, il entra à la Société entomologique de Londres et devint membre du conseil de cette société. Celle de Genève et celle de Namur l'avaient nommé membre honoraire.

Ses nombreux amis lui dédièrent en entier le numéro d'avril de sa revue *The Entomologist's Record.*

A Cambridge Mass., est mort le 17 mai 1911, le Dr Samuel Hubbard Scudder à l'âge de 74 ans.

Dès sa jeunesse, il joignait le goût de la musique et de la littérature à celui de l'entomologie. Quoique d'une santé assez faible, il publia un grand nombre d'ouvrages qui lui valurent une renommée universelle. Le premier fut *Les Papillons de l'Est des États-Unis et du Canada*, en trois volumes, fruit de 25 ans d'investigation. Puis il s'adonna à l'étude des Orthoptères, dont il fit l'objet de plusieurs publications systématiques. Finalement il dirigea son attention vers les insectes fossiles, dont il forma une très riche collection ; c'est de là qu'est sorti son superbe ouvrage sur les Insectes Fossiles prétertiaires et tertiaires de l'Amérique du Nord.

Il était très estimé dans le monde savant, et outre les sociétés des États-Unis qui se glorifiaient de l'avoir dans la liste de leurs membres, il était membre honoraire de nombreuses sociétés tant de l'Amérique que d'Europe.

LONGIN NAVAS, S. J.

TABLE DES MATIÈRES

DU

VINGT ET UNIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXXI DE LA COLLECTION

Livraison de Janvier 1912

GUSTAVE VAN DER MENSBRUGGHE, SA VIE ET SES TRAVAUX, par le **R. P. Thirion, S. J.** 5

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES, par **M. Pierre Duhem.** 55

LE BUDGET BRUT, SES INCONVÉNIENTS ET LES MOYENS D'Y PARER, par **M. Édouard Van der Smissen** 88

LA VALENCE CHIMIQUE, par **M. Pierre Bruylants** . . . 125

LES LOIS DU DYNAMISME PSYCHIQUE. QUELQUES APPLICATIONS DE LA LOI DES CONTRASTES, par le **R. P. De Munnynck, O. P.** 164

FERDINAND VERBIEST, DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE PÉKIN (1624-1688), par le **R. P. H. Bosmans, S. J.** . 196

VARIÉTÉS. — *Une tourbière de plantes marines en Sardaigne*, par **M. X. Stainier** 274

BIBLIOGRAPHIE. — I. Encyclopédie des sciences mathématiques (édition française), **M. O.** 280

II. Leçons sur le calcul des variations, par J. Hadamar, **Adhémar** 281

III. Théorie des fonctions métasphériques, par N. Nielsen, **M. O.** 284

IV. Sommation par une formule d'Euler, par E. Legrand, **M. O.** 287

V. Leçons sur les systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes, par G. Darboux, **M. O.** . 288
VI. Cours de mathématiques générales, par H. Bouasse, **Adhémar** 291
VII. Nouvelles tables trigonométriques fondamentales, par H. Andoyer, **N. N.** 292
VIII. Savants du jour, Gabriel Lippmann, par Ern. Lebon, **J. T.** 297
IX. Éléments de Topographie, par Edmond Gabriel, **É. G.** 304
X. Chemins de fer funiculaires. Transports aériens, par A. Lévy-Lambert, **R. V. M.** 305
XI. Travaux maritimes, par A. Guiffart, **P. G. M.** . 307
XII. L'artillerie dans la bataille, par le colonel J. Paloque, **L. G. G.** 309
XIII. Probabilité du tir, par S. Burileano, **L. C. G.** . 312
XIV. Descartes. Sa vie et ses œuvres, par Charles Adam, **G. Lechalas.** 314
XV. Œuvres choisies d'Émile Cheysson, tome II, **G. Lechalas** 322
XVI. Die Bananenkultur, par R. Rung, **É. D. W.** . 333
XVII. Die Kokospalme und ihre Kultur, par P. Preuss, **É. D. W.** 335

Revue des Recueils Périodiques.

Botanique économique, par **É. D. W.** 337
Sciences médicales, par **Dr Jos. Boine** 348

Livraison d'Avril 1912

La Météorologie et la prévision du temps, par **M. L. Van de Vyver** 355

Ferdinand Verbiest, direction de l'Observation de Pékin 1623-1688 *(suite et fin)*, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.** 375

La précession des équinoxes selon les astronomes grecs et arabes *(suite)*, par **M. Pierre Duhem** 465

La Valence chimique *(suite)*, par **M. Pierre Bruylants** . 511

Éducation de l'imagination, par **M. J. J. Van Biervliet**. 540

Les recherches de Mendel et des Mendelistes sur l'hérédité *(suite et fin)*, par **M. le chanoine V. Grégoire**. 577

Variétés. — *Sur les anomalies climatiques et phénologiques du dernier hiver*, par **M. E. Vanderlinden** . .

Bibliographie. — I. Exercices de Géométrie, par T. G.-M., **B. L.** 641

II. The Hindu-Arabics numerals, by D. E. Smith and L. C. Karpinski, **H. B.** 643

III. Les mathématiques en Portugal, par R. Guimarães, **H. B.** 644

IV. Geschichte der Mathematik, von Dr. H. Wieleitner, **H. Bosmans, S. J.** 644

V. Annuaire pour 1912, publié par le Bureau des Longitudes 646

VI. Leçons sur la Cartographie, par P. J. É. Goedseels, **H. D.** 647

VII. Traité d'Énergétique ou de Mécanique générale, par P. Duhem, **Ph. du P.** 648

VIII. Traité de chimie générale, par W. Nernst, 2e partie, **N. N.** 654

IX. Théorie de la couche capillaire plane des corps purs, par Gerrit Baker, **N. N.** 657

X. Géologie du Bassin de Paris, par Paul Lemoine, **F. K.** 658

XI. Leçons de Cristallographie, par G. Friedel, **F. K.** 659

XII. Cacao, par J. Hinchley Hart, **É. D. W.** . . . 662
XIII. La Forêt, par A. Jacquot; L'Année forestière (1910) par Lucien Chancerel; Les Haulte et Basse Forests de Chinon, par E. Pépin, **C. de Kirwan** . 664
XIV. Œuvres choisies de Don Mayeul Lamey, **P. M.** . 672
XV. L'œuvre scientifique de Pascal, par Albert Maire, **J. T.** 674
XVI. L'Océan aérien, par Th. Moreux, **C. de Kirwan**. 677
XVII. Les méthodes budgétaires d'une démocratie, par le Cte Louis de Lichtervelde, **V. F.** 679
XVIII. L'Art, par Augustin Rodin, **G. Lechalas** . . . 681

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

GÉOLOGIE 685
ENTOMOLOGIE 697

Impr. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60, Louvain.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXI — 20 JANVIER 1912

(TRENTE-SIXIÈME ANNÉE ; TOME LXXI DE LA COLLECTION)

LOUVAIN

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

(M. J. Thirion)

11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1912

LIVRAISON DE JANVIER 1912

I. — GUSTAVE VAN DER MENSBRUGGHE, SA VIE ET SES TRAVAUX, par le **R. P. Thirion, S. J.**, p. 5.

II. — LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES, par **M. Pierre Duhem**, p. 55.

III. — LE BUDGET BRUT, SES INCONVÉNIENTS ET LES MOYENS D'Y PARER, par **M. Édouard Van der Smissen**, p. 88.

IV. — LA VALENCE CHIMIQUE, par **M. Pierre Bruylants**, p. 125.

V. — LES LOIS DU DYNAMISME PSYCHIQUE. QUELQUES APPLICATIONS DE LA LOI DES CONTRASTES, par le **R. P. De Munnynck, O. P.**, p. 164.

VI. — FERDINAND VERBIEST, DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE PÉKIN (1624-1688), par le **R. P. H. Bosmans, S. J.**, p. 196.

VII. — VARIÉTÉS. — *Une tourbière de plantes marines en Sardaigne*, par **M. X. Stainier**, p. 274.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Encyclopédie des sciences mathématiques (édition française), tome I, vol. 2, fasc. 2 et 3 ; vol. 3, fasc. 3 et 4 ; vol. 4, fasc. 4 ; tome II, vol. 2, fasc. 1 ; vol. 3, fasc. 1 ; tome III, vol. 1, fasc. 1 ; vol. 3, fasc. 1, **M. O.**, p. 280. — II. Leçons sur le calcul des variations, par J. Hadamard, **Adhémar**, p. 281. — III. Théorie des fonctions métasphériques, par N. Nielsen, **M. O.**, p. 284. — IV. Sommation par une formule d'Euler, par E. Legrand, **M. O.**, p. 287. — V. Leçons sur les systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes, par G. Darboux, **M. O.**, p. 288. — VI. Cours de mathématiques générales, par H. Bouasse, **Adhémar**, p. 291. — VII. Nouvelles tables trigonométriques fondamentales, par H. Andoyer, **N. N.**, p. 292. — VIII. Savants du jour. Gabriel Lippmann, par Ern. Lebon, **J. T.**, p. 297. — IX. Éléments de topographie, par Edmond Gabriel, **É. G.**, p. 304. — X. Chemins de fer funiculaires. Transports aériens, par A. Lévy-Lambert, **R. V. M.**, p. 305. — XI. Travaux maritimes, par A. Guiffart, **P. C. M.**, p. 307. — XII. L'artillerie dans la bataille, par le colonel J. Paloque, **L. C. G.**, p. 309. — XIII. Probabilité du tir, par S. Burileano, **L. C. G.**, p. 312. — XIV. Descartes. Sa vie et ses œuvres, par Charles Adam, **G. Lechalas**, p. 314. — XV. Œuvres choisies d'Émile Cheysson, tome II, **G. Lechalas**, p. 322. — XVI. Die Bananenkultur, par R. Rung, **É. D. W.**, p. 333. — XVII Die Kokospalme und ihre Kultur, par P. Preuss, **É. D. W.**, p. 335.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Botanique économique, par **É. D. W.**, p. 337. — Sciences médicales, par le **Dr Jos. Boine**, p. 348.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : **T. I.** Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** % ; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXI — 20 AVRIL 1912

(TRENTE-SIXIÈME ANNÉE ; TOME LXXI DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1912

LIVRAISON D'AVRIL 1912

I. — LA MÉTÉOROLOGIE ET LA PRÉVISION DU TEMPS, par **M. L. N. Vandevyver,** p. 353.

II. — FERDINAND VERBIEST, DIRECTEUR DE L'OBSERVATOIRE DE PÉKIN (1624-1688) *(suite et fin)*, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.,** p. 375.

III. — LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES SELON LES ASTRONOMES GRECS ET ARABES *(suite)*, par **M. Pierre Duhem,** p. 465.

IV. — LA VALENCE CHIMIQUE *(suite)*, par **M. Pierre Bruylants,** p. 511.

V. — L'ÉDUCATION DE L'IMAGINATION, par **M. J. J. Van Biervliet,** p. 540.

VI. — LES RECHERCHES DE MENDEL ET DES MENDELISTES SUR L'HÉRÉDITÉ *(suite et fin)*, par **M. le Ch^ne Grégoire,** p. 577.

VII. — VARIÉTÉS. — *Sur les anomalies climatiques et phénologiques du dernier hiver*, par **M. E. Vanderlinden** 630.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Exercices de géométrie, par F. G.-M., **B. L.**, p. 641. — II. The Hindu-Arabics numerals, by D. E. Smith and L. C. Karpinski, **H. B.**, p. 643. — III. Les mathématiques en Portugal, par R. Guimarães, **H. B**, p. 644. — IV. Geschichte der Mathematik, von Dr H. Wieleitner, **H. Bosmans, S. J.**, p. 644. — V. Annuaire pour 1912, publié par le Bureau des Longitudes, p. 646. — VI. Leçons sur la cartographie, par P. J. E. Goedseels, **H. D.**, p. 647. — VII. Traité d'énergétique ou de mécanique générale, par Pierre Duhem, **Ph. du P.**, p. 648. — VIII. Traité de chimie générale, par W. Nernst, 2e partie, **N. N.**, p. 654. — IX. Théorie de la couche capillaire plane des corps purs, par Gerrit Baker, **N. N.**, p. 657. — X. Géologie du bassin de Paris, par Paul Lemoine, **F. K.**, p. 658. — XI. Leçons de cristallographie, par G. Friedel, **F. K.**, p. 659. — XII. Cacao, par J. Hinckley Hart, **É. D. W.**, p. 662. — XIII. La forêt, par A. Jacquot ; L'année forestière (1910), par Lucien Chancerel ; Les Haulte et Basse Forests de Chinon, par E. Pépin, **C. de Kirwan**, p. 664. — XIV. Œuvres choisies de Dom Mayeul Lamey, par Édouard Goutay, **Paul Mansion.** — XV. L'œuvre scientifique de Pascal, par Albert Maire, **J. T.**, p. 674. — XVI. L'océan aérien, par l'abbé Th. Moreux, **C. de Kirwan**, p. 677. — XVII. Les méthodes budgétaires d'une démocratie, par le Cte de Louis de Lichtervelde, **V. F.**, p. 679. — XVIII. L'Art par Augustin Rodin, par Paul Gsell, **G. Lechalas**, p. 681.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Géologie, par **F. K.**, p. 685. — Entomologie, par **L. Navás**, p. 697.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun . . . . . fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE. **T. I.** Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

tions Scientifiques Bruxelles
Tome 21, 1912 22-88522

AMNH LIBRARY
100226271